

091859461  
67  
Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

|  |   |  |
|--|---|--|
| Applicant's or agent's file reference<br>E5588-00  | <b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416) |  |
| International application No.<br>PCT/JP00/07313  | International filing date (day/month/year)<br>20 October 2000 (20.10.00)  | Priority date (day/month/year)<br>22 October 1999 (22.10.99)           |
| International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC<br>B01D 69/02, 71/34, B32B 5/32, C08J 9/26, C08F 14/22, A61M 1/02 |   | <b>RECEIVED</b><br><b>JUN 27 2002</b><br><b>Technology Center 2100</b> |
| Applicant<br>ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA  |   |  |

|   |  |
|---|--|
| <p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of _____ sheets.</p>   |  |
| <p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p> |  |

|   |   |
|---|---|
| Date of submission of the demand<br>21 December 2000 (21.12.00) | Date of completion of this report<br>09 October 2001 (09.10.2001) |
| Name and mailing address of the IPEA/JP                         | Authorized officer  |
| Facsimile No.   | Telephone No.   |

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/07313

## I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:\*

- ☒ the international application as originally filed
- ☐ the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the claims:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the sequence listing part of the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/07313

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

|                               |        |     |     |
|-------------------------------|--------|-----|-----|
| Novelty (N)                   | Claims | 1-9 | YES |
|                               | Claims |     | NO  |
| Inventive step (IS)           | Claims | 1-9 | YES |
|                               | Claims |     | NO  |
| Industrial applicability (IA) | Claims | 1-9 | YES |
|                               | Claims |     | NO  |

### 2. Citations and explanations

None of the documents cited in the international search report describes a heat-resistant microporous film that is "a heat resistant microporous film which comprises a thermoplastic resin having a crystal melting point of 140 to 300°C, and has a layer structure formed in the direction of thickness, wherein the layer structure comprises: (A) a layer having only micropores which are voids within a spherulite and (B) a layer having micropores which are voids within a spherulite and micropores which are voids between spherulites," and this matter is not obvious to persons skilled in the art.

## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
[PCT18条、PCT規則43、44]

|                              |   |                         |
|------------------------------|---|-------------------------|
| 出願人又は代理人<br>の書類記号 520989WO01 | 今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。 |                         |
| 国際出願番号<br>PCT/JP00/07312     | 国際出願日<br>(日.月.年) 20.10.00                           | 優先日<br>(日.月.年) 29.10.99 |
| 出願人(氏名又は名称)<br>三菱電機株式会社      |   |                         |

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03M 13/29

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03M 13/29, H04L 27/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 (Y1, Y2) 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 (U) 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 (U) 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 (Y2) 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A               | JP, 8-88662, A (富士通株式会社), 2. 4月. 1996 (02. 04. 96), 要約,<br>特許請求の範囲 (ファミリーなし)  | 1-13             |
| A               | JP, 10-303801, A (エイ・ティ・アント・ティ・コーポレーション), 13. 11月. 1998<br>(13. 11. 98), 要約 & EP, 869623, A2 & CA, 2228714, A & CN, 1197337, A<br>& MX, 9802518, A1 | 1-13             |
| A               | JP, 11-215012, A (コニンクレッカ・フィリップス・エレクトロニクス・エヌ・ヴィ), 6. 8月. 1999<br>(06. 08. 99) & EP, 917294, A1 & FR, 2771228, A1                                    | 1-13             |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 01. 01

国際調査報告の発送日

23.01.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小林 紀和

5 K

4240

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/07312

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H03M 13/29

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H03M 13/29, H04L 27/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho(Y1,Y2) 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho(U) 1994-2001  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho(U) 1971-2001 Jitsuyo Shinan TorokuKoho(Y2) 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A (1)     | JP, 8-88662, A (Fujitsu Limited),<br>02 April, 1996 (02.04.96),<br>abstract; Claims (Family: none)   | 1-13                  |
| A (2)     | JP, 10-303801, A (AT & T Corporation),<br>13 November, 1998 (13.11.98),<br>abstract<br>& EP, 869623, A2 & CA, 2228714, A<br>& CN, 1197337, A & MX, 9802518, A1 | 1-13                  |
| A (3)     | JP, 11-215012, A (Koninklijke Philips Electronics NV),<br>06 August, 1999 (06.08.99)<br>& EP, 917294, A1 & FR, 2771228, A1                                     | 1-13                  |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
16 January, 2001 (16.01.01)Date of mailing of the international search report  
23 January, 2001 (23.01.01)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

特 許 協 力 条 約

発信人 日本国特許庁 (国際調査機関)

SAKAI

JAN 24, 2001

RECEIVED

出願人代理人

酒井 宏明

殿

あて名

〒 100-0013

東京都千代田区霞が関3丁目2番6号、  
東京倶楽部ビルディング、  
酒井国際特許事務所

PCT

国際調査報告又は国際調査報告を作成しない旨  
の決定の送付の通知書

(法施行規則第41条)  
(PCT規則44.1)

発送日  
(日.月.年)

23.01.01

出願人又は代理人  
の書類記号 520989WO01

今後の手続きについては、下記1及び4を参照。

国際出願番号  
PCT/JPO0/07312

国際出願日  
(日.月.年) 20.10.00

出願人 (氏名又は名称)

三菱電機株式会社

- ☒ 国際調査報告が作成されたこと、及びこの送付書とともに送付することを、出願人に通知する。  
PCT19条の規定に基づく補正書及び説明書の提出  
出願人は、国際出願の請求の範囲を補正することができる (PCT規則46参照)。  
いつ 補正書の提出期間は、通常国際調査報告の送付の日から2月である。  
詳細については添付用紙の備考を参照すること。  
どこへ 直接次の場所へ  
The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland  
Facsimile No.: (41-22) 740.14.35  
詳細な手続については、添付用紙の備考を参照すること。
- ☐ 国際調査報告が作成されないこと、及び法第8条第2項 (PCT17条(2)(a)) の規定による国際調査報告を作成しない旨の決定をこの送付書とともに送付することを、出願人に通知する。
- ☐ 法施行規則第44条 (PCT規則40.2) に規定する追加手数料の納付に対する異議の申立てに関して、出願人に下記の点を通知する。  
☐ 異議の申立てと当該異議についての決定を、その異議の申立てと当該異議についての決定の両方を指定官庁へ送付することを求める出願人の請求とともに、国際事務局へ送付した。  
☐ 当該異議についての決定は、まだ行われていない。決定されしだい出願人に通知する。
- 今後の手続： 出願人は次の点に注意すること。  
優先日から18月経過後、国際出願は国際事務局によりすみやかに国際公開される。出願人が公開の延期を望むときは、国際出願又は優先権の主張の取下げの通知がPCT規則90の2.1及び90の2.3にそれぞれ規定されているように、国際公開の事務的な準備が完了する前に国際事務局に到達しなければならない。  
出願人が優先日から30月まで (官庁によってはもっと遅く) 国内段階の開始を延期することを望むときは、優先日から19月以内に、国際予備審査の請求書が提出されなければならない。  
国際予備審査の請求書若しくは、後にする選択により優先日から19箇月以内に選択しなかった又は第II章に拘束されないため選択できなかったすべての指定官庁に対しては優先日から20月以内に、国内段階の開始のための所定手続を取らなければならない。

名称及びあて名

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員

特 許 庁 長 官

5K

4240

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

PCT

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
〔PCT18条、PCT規則43、44〕

|                              |   |                         |
|------------------------------|---|-------------------------|
| 出願人又は代理人<br>の書類記号 520989WO01 | 今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。 |                         |
| 国際出願番号<br>PCT/JP00/07312     | 国際出願日<br>(日.月.年) 20.10.00                           | 優先日<br>(日.月.年) 29.10.99 |
| 出願人(氏名又は名称)<br>三菱電機株式会社      |   |                         |

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

- a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。  
☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。
- b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。  
☐ この国際出願に含まれる書面による配列表  
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表  
☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。  
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。  
☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。  
☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、  
 第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。 ☐ なし  
☐ 出願人は図を示さなかった。  
☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。



(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2001年5月10日 (10.05.2001)

PCT

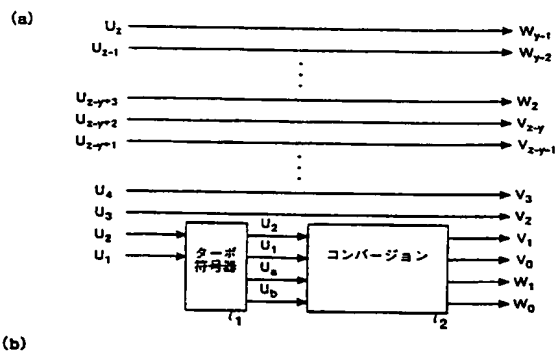
(10) 国際公開番号  
WO 01/33719 A1

- (51) 国際特許分類: H03M 13/29 KAISHA [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/07312
- (22) 国際出願日: 2000年10月20日 (20.10.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願平 11/308750  
1999年10月29日 (29.10.1999) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI)
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 松本 渉 (MATSUMOTO, Wataru) [JP/JP]; 宮田好邦 (MIYATA, Yoshikuni) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 酒井宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒100-0013 東京都千代田区麹町三丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CA, CN, IL, KR, NO, US.

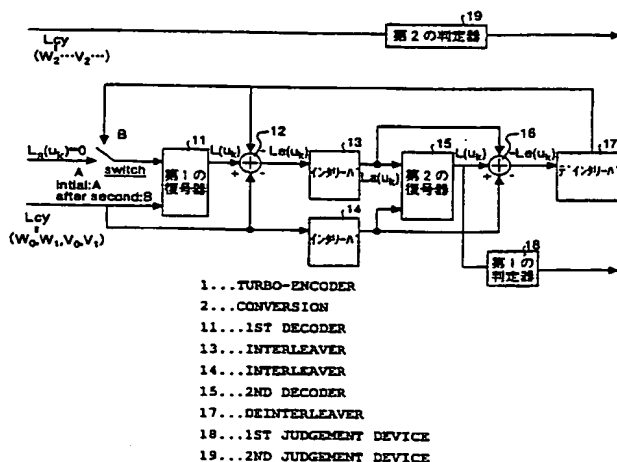
[続表有]

(54) Title: COMMUNICATION DEVICE AND COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 通信装置および通信方法



(57) Abstract: A turbo-encoder (1) which apply turbo-encoding to 2 bits in lower positions of transmission data to output 2-bit information bits and 2-bit redundant bits, a conversion (2) which uses the outputs to perform an operation for making uniform error correction capabilities for the respective information bits and outputs the operation results and the other bits in the transmission data as encoding results, decoders (11 - 18) which subject 2 bits in lower positions of the reception signals, having possibility of deterioration of characteristics, to soft judgement to thereby estimate original transmission data, and a 2nd judgement device (19) which subjects the other bits of the reception signals to hard judgement to thereby estimate original transmission data are provided.



[続表有]

## 明 細 書

## 通信装置および通信方法

## 5 技術分野

本発明は、マルチキャリア変復調方式を採用する通信装置および通信方法に関するものであり、特に、DMT (Discrete Multi Tone) 変復調方式やOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変復調方式等により、既存の通信回線を用いたデータ通信を実現可能とする通信装置、および通信方法に関するものである。ただし、本発明は、DMT変復調方式によりデータ通信を行う通信装置に限らず、通常の通信回線を介して、マルチキャリア変復調方式およびシングルキャリア変復調方式により有線通信および無線通信を行うすべての通信装置に適用可能である。

## 15 背景技術

以下、従来の通信方法について説明する。たとえば、SS (Spread Spectrum) 方式を用いた広帯域CDMA (W-CDMA : Code Division Multiple Access) においては、畳込み符号の性能を大きく上回る誤り訂正符号として、ターボ符号が提案されている。このターボ符号は、情報系列にインタリーブを施した系列を既知の符号化系列と並列に符号化するもので、シャノン限界に近い特性が得られると言われており、現在最も注目されている誤り訂正符号の1つである。上記W-CDMAにおいては、誤り訂正符号の性能が、音声伝送やデータ伝送における伝送特性を大きく左右するため、ターボ符号の適用により伝送特性を大幅に向上させることができる。

25 ここで、上記ターボ符号を用いた従来の通信装置の送信系および受信系の動作を具体的に説明する。第8図は、送信系において使用されるターボ符号器の構成

を示す図である。第8図(a)において、101は情報系列を畳込み符号化して冗長ビットを出力する第1の再帰的組織畳込み符号化器であり、102はインタリーバであり、103はインタリーバ102により入れ替え後の情報系列を畳込み符号化して冗長ビットを出力する第2の再帰的組織畳込み符号化器である。第

5 8図(b)は、第1の再帰的組織畳込み符号化器101および第2の再帰的組織畳込み符号化器103の内部構成を示す図であり、2つの再帰的組織畳込み符号化器は、それぞれ冗長ビットのみを出力する符号化器である。また、上記ターボ符号器で用いられるインタリーバ102では、情報ビット系列をランダムに入れ替える処理を行う。

10 上記のように構成されるターボ符号器では、同時に、情報ビット系列： $x_1$ と、第1の再帰的組織畳込み符号化器101の処理により前記情報ビット系列を符号化した冗長ビット系列： $x_2$ と、第2の再帰的組織畳込み符号化器103の処理によりインタリーブ処理後の情報ビット系列を符号化した冗長ビット系列： $x_3$ と、を出力する。

15 第9図は、受信系において使用されるターボ復号器の構成を示す図である。第9図において、111は受信信号： $y_1$ と受信信号： $y_2$ とから対数尤度比を算出する第1の復号器であり、112および116は加算器であり、113および114はインタリーバであり、115は受信信号： $y_1$ と受信信号： $y_3$ とから対数尤度比を算出する第2の復号器であり、117はデインタリーバであり、118

20 は第2の復号器115の出力を判定して元の情報ビット系列の推定値を出力する判定器である。なお、受信信号： $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$ は、それぞれ前記情報ビット系列： $x_1$ 、冗長ビット系列： $x_2$ 、 $x_3$ に伝送路のノイズやフェージングの影響を与えた信号である。

上記のように構成されるターボ復号器では、まず、第1の復号器111が、受

25 信信号： $y_{1k}$ と受信信号： $y_{2k}$ から、対数尤度比： $L(U_k)$ を算出する( $k$ は時刻を表す)。このとき、対数尤度比： $L(U_k)$ は、以下のように表すことができ

る。

$$L(u_k) = y_{1k} + L_a(u_k) + L_e(u_k)$$

$$= L_n \frac{\Pr(x_{1k}' = 1 | \{Y\})}{\Pr(x_{1k}' = 0 | \{Y\})} \dots \dots (1)$$

なお、 $L_e(u_k)$  は外部情報を表し、 $L_a(u_k)$  は1つ前の外部情報である  
事前情報を表し、 $\Pr(x_{1k}' = 1 | \{Y\})$  は、受信信号の全系列  $\{Y\}$  を受け  
5 取った状態で推定される推定情報ビット： $x_{1k}'$  が1である確率を表し、 $\Pr(x_{1k}' = 0 | \{Y\})$  は、全系列  $\{Y\}$  を受け取った状態で推定される推定情報ビッ  
ト： $x_{1k}'$  が0である確率を表す。すなわち、(1) 式では、推定情報ビット：  
 $x_{1k}'$  が0である確率に対する推定情報ビット： $x_{1k}'$  が1である確率を求めるこ  
ととなる。

10 つぎに、加算器112では、前記算出結果である対数尤度比から、第2の復号  
器115に対する外部情報を算出する。外部情報： $L_e(u_k)$  は、上記(1) に  
基づいて、以下のように表すことができる。

$$L_e(u_k) = L(u_k) - y_{1k} - L_a(u_k) \dots (2)$$

ただし、1回目の復号においては、事前情報が求められていないため、 $L_a(u_k)$   
15  $= 0$  である。

つぎに、インタリーブ113および114では、受信信号： $y_{1k}$  と外部情報：  
 $L_e(u_k)$  を、受信信号： $y_3$  の時刻にあわせるために、信号の並べ替えを行う。  
そして、第2の復号器115では、第1の復号器111と同様に、受信信号： $y_1$   
と受信信号： $y_3$ 、および先に算出しておいた外部情報： $L_e(u_k)$  に基づいて、  
20 対数尤度比： $L(u_k)$  を算出する。その後、加算器116では、加算器112と  
同様に、(2) 式を用いて、外部情報： $L_e(u_k)$  を算出する。このとき、デイ  
ンタリーブ117にて並べ替えられた外部情報は、事前情報： $L_a(u_k)$  として

前記第1の復号器111にフィードバックされる。

最後に、ターボ復号器では、上記処理を、所定の回数にわたって繰り返し実行することにより、より精度の高い対数尤度比を算出し、そして、判定器118が、この対数尤度比に基づいて判定を行い、もとの情報ビット系列を推定する。具体的にいうと、たとえば、対数尤度比が“ $L(U_k) > 0$ ”であれば、推定情報ビット： $x_{1k}$ を1と判定し、“ $L(U_k) \leq 0$ ”であれば、推定情報ビット： $x_{1k}$ を0と判定する。

このように、従来の通信方法においては、誤り訂正符号として、ターボ符号を適用することにより、変調方式の多値化に応じて信号点間距離が近くなるような場合においても、音声伝送やデータ伝送における伝送特性を大幅に向上させることが可能となり、既知の畳込み符号よりも優れた特性を得ていた。

しかしながら、上記、従来の通信方法においては、高精度な誤り訂正を行うため、送信側にて、すべての情報系列に対してターボ符号化を実施し、さらに、受信側にて、符号化されたすべての信号を復号し、その後、軟判定を行っている。具体的にいうと、たとえば、16QAMであれば4ビットのすべてのデータ（0000～1111：4ビットコンスタレーション）に対して、256QAMであれば8ビットのすべてのデータに対して、判定を行うことになる。したがって、上記のように、すべてのデータの判定を行う従来の通信方法を実施した場合、通信装置では、多値化に応じて符号器および復号器の計算量が増大する、という問題があった。

従って、本発明は、マルチキャリア変復調方式およびシングルキャリア変復調方式を用いたすべての通信に適用可能とし、さらに、多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、計算量の削減と、従来と同様の良好な伝送特性と、を実現可能な通信装置、および通信方法を提供することを目的としている。

## 発明の開示

本発明にかかる通信装置にあつては、誤り訂正符号として、ターボ符号を採用する構成とし、送信データにおける所定数の下位ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記所定数に応じた情報ビットと、異なる手順で畳込み符号化された第1および第2の冗長ビットと、を出力するターボ符号化手段（後述する実施の形態のターボ符号器1に相当）と、前記所定数の情報ビットと前記各冗長ビットとを用いて、各情報ビットに対する誤り訂正能力を均一にするための演算を行い、その演算結果と、前記送信データにおけるその他のビットと、を符号化結果として出力する演算手段（コンバージョン2に相当）と、受信信号における所定数の下位ビットから、情報ビットと第1の冗長ビットとを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられた1つ前の軟判定出力（ない場合も含む）に基づいて軟判定を行う第1の復号手段（第1の復号器11、加算器12に相当）と、さらに、情報ビットと第2の冗長ビットとを抽出し、その抽出結果と、前記第1の復号手段からの軟判定出力に基づいて軟判定を行い、その結果を前記1つ前の軟判定出力として前記第1の復号手段に通知する第2の復号手段（第2の復号器15、インタリーバ13, 14、加算器16、デインタリーバ17に相当）と、前記第1の復号手段と前記第2の復号手段による軟判定を所定回数にわたって繰り返し実行後、前記第2の復号手段の軟判定出力に基づいて、もとの情報ビットを推定する第1の判定手段（第1の判定器18に相当）と、前記受信信号における他のビットを硬判定することにより、もとの情報ビットを推定する第2の判定手段（第2の判定器19に相当）と、を備えることを特徴とする。

つぎの発明にかかる通信装置において、前記ターボ符号化手段は、インタリーブ処理後に符号化された一方の冗長ビットに対してデインタリーブ処理を行うデインタリーブ処理手段（デインタリーバ25に相当）を備え、前記各情報ビットと前記各冗長ビットとの時刻を合わせて出力することを特徴とする。

つぎの発明にかかる通信装置にあつては、リードソロモン符号とターボ符号と

を併用することとし、送信側では、リードソロモン符号化後、ターボ符号化を実施し、受信側では、ターボ符号を復号後、リードソロモン符号を復号することを特徴とする。

5 つぎの発明にかかる通信装置にあつては、インタリーブ処理を符号化に取り入れたターボ符号を採用する符号器を備える構成とし、前記符号器が、複数ビットで構成される送信データを受け取り、前記送信データにおける所定数の下位ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記所定数に応じた情報ビットと、前記各情報ビットを畳込み符号化した第1の冗長ビットと、インタリーブ処理後の各情報ビットを畳込み符号化した第2の冗長ビットと、を出力するターボ符号  
10 化手段（ターボ符号器1に相当）と、前記所定数の情報ビットと前記各冗長ビットとを用いて、各情報ビットに対する誤り訂正能力を均一にするための演算を行う演算手段（コンバージョン2に相当）と、を備え、前記演算結果と、前記送信データにおけるその他のビットと、を符号化結果として出力することを特徴とする。

15 つぎの発明にかかる通信装置において、前記ターボ符号化手段は、前記第2の冗長ビットに対してデインタリーブ処理を行うデインタリーブ処理手段（デインタリーバ25に相当）を備え、前記各情報ビットと、前記第1の冗長ビットと、前記デインタリーブ処理後の第2の冗長ビットと、の時刻を合わせて出力することを特徴とする。

20 つぎの発明にかかる通信装置にあつては、インタリーブ処理を符号化に取り入れたターボ符号を採用する符号器を備える構成とし、前記符号器が、複数ビットで構成される送信データを受け取り、前記送信データにおける所定数の下位ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記所定数に応じた情報ビットと、前記情報ビットを畳込み符号化した第1の冗長ビットと、インタリーブ処理後の  
25 情報ビットを畳込み符号化した第2の冗長ビットと、を出力するターボ符号化手段を備え、前記各情報ビットと、前記第1および第2の冗長ビットに加えて、前

記送信データにおけるその他のビットを符号化結果として出力することを特徴とする。

つぎの発明にかかる通信装置にあつては、リードソロモン符号とターボ符号とを併用することとし、リードソロモン符号化後、ターボ符号化を実施することを  
5 特徴とする。

つぎの発明にかかる通信装置にあつては、ターボ符号化された受信信号を軟判定により復号する復号器を備える構成とし、前記復号器が、前記受信信号における所定数の下位ビットから、情報ビットと、畳込み符号化された第1の冗長ビットと、を抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられた1つ前の軟判定出力（ない場合も含む）に基づいて、前記情報ビットの軟判定を行う第1の復号手段（第1の復号器11、加算器12に相当）と、前記受信信号における所定数の下位ビットから、前記符号器側の出力数に応じた情報ビットと、前記第1の冗長ビットと異なる方法で畳込み符号化された第2の冗長ビットと、を抽出し、その後、抽出結果と、前記第1の復号手段からの軟判定出力に基づいて、前記情報ビットの軟判定を行い、その結果を前記1つ前の軟判定出力として前記第1の復号手段に通知する第2の復号手段（第2の復号器15、インタリーバ13, 14、加算器16、デインタリーバ17に相当）と、前記第1の復号手段と第2の復号手段による軟判定を所定回数にわたって繰り返し実行後、前記第2の復号手段の軟判定出力に基づいて、もとの情報ビットを推定する第1の判定手段（第1の判定器18に相当）と、前記受信信号における他のビットを硬判定することにより、もとの情報ビットを推定する第2の判定手段（第2の判定器19に相当）と、を  
10  
15  
20 備えることを特徴とする。

つぎの発明にかかる通信装置にあつては、送信側がリードソロモン符号とターボ符号とを併用している場合、ターボ符号を復号後、リードソロモン符号を復号  
25 することを特徴とする。

つぎの発明にかかる通信方法にあつては、送信データにおける所定数の下位ビ



- ットに対してターボ符号化を行うことにより、前記所定数に応じた情報ビットと、異なる手順で畳込み符号化された第1および第2の冗長ビットと、を出力するターボ符号化ステップと、前記所定数の情報ビットと前記各冗長ビットとを用いて、各情報ビットに対する誤り訂正能力を均一にするための演算を行い、その演算結果と、前記送信データにおけるその他のビットと、を符号化結果として出力する演算ステップと、受信信号における所定数の下位ビットから、情報ビットと第1の冗長ビットとを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられた1つ前の軟判定出力（ない場合も含む）に基づいて軟判定を行う第1の復号ステップと、さらに、情報ビットと第2の冗長ビットとを抽出し、その抽出結果と、前記第1の復号ステップにおける軟判定出力に基づいて軟判定を行い、その結果を前記1つ前の軟判定出力とする第2の復号ステップと、前記第1の復号ステップと前記第2の復号ステップによる軟判定を所定回数にわたって繰り返し実行後、前記第2の復号ステップによる軟判定出力に基づいて、もとの情報ビットを推定する第1の判定ステップと、前記受信信号における他のビットを硬判定することにより、もとの情報ビットを推定する第2の判定ステップと、を含むことを特徴とする。

つぎの発明にかかる通信方法において、前記ターボ符号化ステップにあつては、インタリーブ処理後に符号化された一方の冗長ビットに対してデインタリーブ処理を行うデインタリーブ処理ステップを含み、前記各情報ビットと前記各冗長ビットとの時刻を合わせて出力することを特徴とする。

- 20 つぎの発明にかかる通信方法にあつては、リードソロモン符号とターボ符号とを併用することとし、送信側では、リードソロモン符号化後、ターボ符号化を実施し、受信側では、ターボ符号を復号後、リードソロモン符号を復号することを特徴とする。

## 25 図面の簡単な説明

第1図は、本発明にかかる通信装置で使用される符号器および復号器の構成を

示す図であり、第2図は、本発明にかかる通信装置の送信系の構成を示す図であり、第3図は、本発明にかかる通信装置の受信系の構成を示す図であり、第4図は、マルチキャリア変復調方式におけるトーン構成と4ビットコンスタレーションに適用可能な符号器の構成を示す図であり、第5図は、各種デジタル変調の  
5 信号点配置を示す図であり、第6図は、ターボ符号器1の回路構成を示す図であり、第7図は、ビット誤り率の差を示す図であり、第8図は、従来のターボ符号器の構成を示す図であり、第9図は、従来のターボ復号器の構成を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

10 以下に、本発明にかかる通信装置および通信方法の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

第1図は、本発明にかかる通信装置で使用される符号器（ターボ符号器とコンバージョンの組み合わせ）、および復号器（ターボ復号器と硬判定器の組み合わせ）の構成を示す図であり、詳細には、第1図（a）が本実施の形態における符号器の構成を示す図であり、第1図（b）が復号器の構成を示す図である。本実施の形態における通信装置においては、上記符号器および復号器の両方の構成を備えることとし、高精度なデータの誤り訂正能力をもつことにより、データ通信および音声通信において優れた伝送特性を得る。なお、本実施の形態においては、  
15 説明の便宜上、上記両方の構成を備えることとしたが、たとえば、2つのうちの符号器だけを備える送信機を想定することとしてもよいし、一方、復号器だけを備える受信機を想定することとしてもよい。

また、第1図（a）の符号器において、1は誤り訂正符号としてターボ符号を採用することによりシャノン限界に近い性能を得ることが可能なターボ符号器であり、2はターボ符号器1から受け取るデータを転換するコンバージョンであり、  
25 たとえば、ターボ符号器2では、2ビットの情報ビットの入力に対して、2ビッ

トの情報ビットと2ビットの冗長ビットを出力し、コンバージョン2では、受け取った4ビットのデータに対して、受信側において各情報ビットに対する訂正能力が均一になるような演算を行う。

一方、第1図(a)の復号器において、11は受信信号： $Lcy$ （後述の受信信号： $v_0, v_1, w_0, w_1$ に相当）から対数尤度比を算出する第1の復号器であり、12および16は加算器であり、13および14はインタリーバであり、15は受信信号： $Lcy$ （後述の受信信号： $v_0, v_1, w_0, w_1$ に相当）から対数尤度比を算出する第2の復号器であり、17はデインタリーバであり、18は第2の復号器15の出力を判定して元の情報ビット系列の推定値を出力する第1の判定器であり、19は $Lcy$ （後述の受信信号： $v_2, \dots, w_2, \dots$ に相当）を硬判定して元の情報ビット系列の推定値を出力する第2の判定器である。

ここで、上記符号器および復号器の動作を説明する前に、本発明にかかる通信装置の基本動作を図面に基づいて簡単に説明する。たとえば、DMT (Discrete Multi Tone) 変復調方式を用いて、データ通信を行う有線系デジタル通信方式としては、既設の電話回線を使用して数メガビット/秒の高速デジタル通信を行うADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) 通信方式、およびHDSL (high-bit-rate Digital Subscriber Line) 通信方式等のxDSL通信方式がある。なお、この方式は、ANSIのT1.413等において標準化されている。以降、本実施の形態の説明については、たとえば、上記ADSLに適応可能な通信装置を用いることとする。

第2図は、本発明にかかる通信装置の送信系の構成を示す図である。第2図において、送信系では、送信データをマルチプレックス/シンクコントロール（図示のMUX/SYNC CONTROLに相当）41にて多重化し、多重化された送信データに対してサイクリックリダンダンシィチェック（CRC：Cyclic redundancy checkに相当）42、43にて誤り検出用コードを付加し、さらに、フォワードエラーレクション（SCRAM&FECに相当）44、45にてFEC用コードの付加およびス

クランブル処理を行う。

なお、マルチプレックス／シンクコントロール 4 1 から、トーンオーダリング 4 9 に至るまでには 2 つの経路があり、一つはインタリーブ (INTERLEAVE) 4 6 が含まれるインタリーブドデータバッファ (Interleaved Data Buffer) 経路であり、もう一方はインタリーブ 4 6 を含まないファーストデータバッファ (Fast Data Buffer) 経路であり、たとえば、インタリーブ処理を行うインタリーブドデータバッファ経路の方の遅延が大きくなる。

その後、送信データは、レートコンバータ (RATE-CONVERTOR に相当) 4 7、4 8 にてレートコンバート処理を行い、トーンオーダリング (TONE ORDERING に相当) 4 9 にてトーンオーダリング処理を行う。そして、トーンオーダリング処理後の送信データに基づいて、コンスタレーションエンコーダ／ゲインスケール (CONSTELLATION AND GAIN SCALING に相当) 5 0 にてコンスタレーションデータを作成し、逆高速フーリエ変換部 (IFFT: Inverse Fast Fourier transform に相当) 5 1 にて逆高速フーリエ変換を行う。

最後に、インプットパラレル／シリアルバッファ (INPUT PARALLEL/SERIAL BUFFER に相当) 5 2 にてフーリエ変換後のパラレルデータをシリアルデータに変換し、アナログプロセッシング／ディジタルーアナログコンバータ (ANALOG PROCESSING AND DAC に相当) 5 3 にてディジタル波形をアナログ波形に変換し、フィルタリング処理を実行後、送信データを電話回線上に送信する。

第 3 図は、本発明にかかる通信装置の受信系の構成を示す図である。第 3 図において、受信系では、受信データ (前述の送信データ) に対し、アナログプロセッシング／アナログーディジタルコンバータ (図示の ANALOG PROCESSING AND ADC に相当) 1 4 1 にてフィルタリング処理を実行後、アナログ波形をディジタル波形に変換し、タイムドメインイコライザ (TEQ に相当) 1 4 2 にて時間領域の適応等化処理を行う。

時間領域の適応等化処理が実行されたデータについては、インプットシリアル

／パラレルバッファ（INPUT SERIAL / PARALLEL BUFFER に相当） 1 4 3 にてシリアルデータからパラレルデータに変換され、そのパラレルデータに対して高速フーリエ変換部（FFT：Fast Fourier transform に相当） 1 4 4 にて高速フーリエ変換を行い、その後、周波数ドメインイコライザ（FEQ に相当） 1 4 5 にて周波数領域の適応等化処理を行う。

そして、周波数領域の適応等化処理が実行されたデータについては、コンスタレーションデコーダ／ゲインスケーリング（CONSTELLATION DECODER AND GAIN SCALLNG に相当） 1 4 6 およびトーンオーダリング（TONE ORDERRING に相当） 1 4 7 にて行われる複合処理（最尤複合法）およびトーンオーダリング処理により、シリアルデータに変換される。その後、レートコンバータ（RATE-CONVERTOR に相当） 1 4 8, 1 4 9 によるレートコンバート処理、デインタリーブ（DEINTERLEAVE に相当） 1 5 0 によるデインタリーブ処理、フォワードエラーコレクション（DESCRAM&FEC に相当） 1 5 1, 1 5 2 による F E C 処理およびデスクランブル処理、およびサイクリックリダンダンシィチェック（cyclic redundancy check に相当） 1 5 3, 1 5 4 による巡回冗長検査等の処理が行われ、最終的にマルチプレックス／シンクコントロール（MUX/SYNC CONTROL に相当） 1 5 5 から受信データが再生される。

上記に示すような通信装置においては、受信系と送信系においてそれぞれ 2 つの経路を備え、この 2 つの経路を使い分けることにより、またはこの 2 つの経路を同時に動作させることにより、低伝送遅延および高レートのデータ通信を実現可能としている。

なお、上記のように構成される通信装置においては、第 1 図（a）に示す符号器が、上記送信系におけるコンスタレーションエンコーダ／ゲインスケーリング 5 0 に位置付けられ、第 1 図（b）に示す復号器が、上記受信系におけるコンスタレーションデコーダ／ゲインスケーリング 1 4 6 に位置付けられる。

以下、本実施の形態における符号器（送信系）および復号器（受信系）の動作

を図面にしたがって詳細に説明する。まず、第1図(a)に示す符号器の動作について説明する。第4図は、マルチキャリア変復調方式におけるトーン構成((a)参照)と、4ビットコンスタレーションに適用可能な符号器の構成((b)参照)を示す図である。なお、本実施の形態では、第4図(a)に示すように、多値直交振幅変調(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)として、たとえば、16QAM方式を採用し、さらにマルチキャリアのうちの2つのトーンについて符号化を行う。また、本実施の形態の符号器においては、すべての入力データに対してターボ符号化を実行する従来技術と異なり、第4図(b)に示すように、下位2ビットの入力データに対してターボ符号化を実施し、他の上位ビットについては入力データをそのままの状態で出力する。

ここで、下位2ビットの入力データについてのみターボ符号化を実行する理由を説明する。第5図は、各種ディジタル変調の信号点配置を示す図であり、具体的にいうと、第5図(a)が4相PSK(Phase Shift Keying)方式の信号点配置であり、(b)が16QAM方式の信号点配置であり、(c)が64QAM方式の信号点配置である。

たとえば、上記すべての変調方式の信号点配置において、受信信号点がaまたはbの位置である場合、通常、受信側では、軟判定により情報ビット系列(送信データ)として最も確からしいデータを推定する。すなわち、受信信号点との距離が最も近い信号点を送信データとして判定することになる。しかしながら、このとき、たとえば、第5図を用いて受信信号点aおよびbに着目すると、いずれの場合(第5図(a)(b)(c)に相当)においても、受信信号点に最も近い4点の下位2ビットが、(0, 0)(0, 1)(1, 0)(1, 1)であることがわかる。そこで、本実施の形態においては、特性が劣化する可能性のある4つの信号点(信号点間距離が最も近い4点)の下位2ビットに対して、優れた誤り訂正能力をもつターボ符号化を実施し、受信側で軟判定を行う。一方、特性が劣化する可能性の低いその他の上位ビットは、そのままの状態で出力し、受信側で

硬判定を行う構成とした。ただし、情報ビット系列  $u_3, u_4, u_5, u_6$  については、それぞれ  $v_2, v_3, w_2, w_3$  に対応する。

これにより、本実施の形態においては、多値化に伴って劣化する可能性のある特性を向上させることができ、さらに、受信信号の下位 2 ビットに対してのみターボ符号化を実施するため、すべてのビットをターボ符号化の対象とする従来技術と比較して、演算量を大幅に削減することができる。

続いて、入力された下位 2 ビットの送信データ： $u_1, u_2$  に対してターボ符号化を実施する第 4 図 (b) に示すターボ符号器 1 の動作について説明する。第 6 図は、ターボ符号器 1 の回路構成を示す図である。第 6 図において、21 は第 1 の再帰的組織畳込み符号化器であり、22 および 23 は、インタリーブであり、24 は第 2 の再帰的組織畳込み符号化器であり、25 はデインタリーブである。ターボ符号器 1 では、同時に、情報系列に相当する送信データ： $u_{1k}, u_{2k}$  と ( $k$  は時刻を表す)、第 1 の再帰的組織畳込み符号化器 21 の処理により前記送信データを符号化した冗長データ： $u_{ak}$  と、第 2 の再帰的組織畳込み符号化器 24 の処理によりインタリーブ処理後の送信データを符号化し、その後、デインタリーブ処理により元の時刻に合わせた冗長データ： $u_{bk}$  と、を出力する。

このように、本実施の形態においては、第 2 の再帰的組織畳込み符号化器 24 の後段に、デインタリーブ 25 を追加する構成とすることにより、送信データと冗長データの時刻を合わせることが可能となり、後続のコンバージョン 2 による演算処理を効率的に実行することができるようになる。

つぎに、ターボ符号器 1 から 2 ビットの送信データ： $u_1, u_2$  と 2 ビットの冗長データ： $u_a, u_b$  を受け取ったコンバージョン 2 では、受信側において各送信データに対する訂正能力が均一になるような演算処理を行う。

たとえば、コンバージョン 2 がない状態で、送信データ： $u_1, u_2$  と冗長データ： $u_a, u_b$  を送信した場合、受信側においては、受信信号： $u_a', u_b'$  ( $'$  は伝送路のノイズやフェージングの影響を受けた受信信号を表す) を用いて、元の

送信データ： $u_1$ ,  $u_2$  を推定することになる。しかしながら、この場合、第1の再帰的組織畳込み符号化器21の出力に相当する受信データ： $u_a$  と、各インタリーバと第2の再帰的組織畳込み符号化器24と各デインタリーバを経由して出力された受信データ： $u_b$  とでは、それぞれの誤り訂正能力が異なるため、第7図に示すように、ビット誤りの確率に差がでてしまう。そこで、本実施の形態においては、以下の計算式を実行することで、受信側におけるビット誤り率の均一化を図る。

$$v_1 = u_2 + u_a \quad (3)$$

$$v_0 = u_2 \quad (4)$$

$$10 \quad w_1 = u_2 + u_1 + u_a + u_b \quad (5)$$

$$w_0 = u_2 + u_1 \quad (6)$$

なお、上記 $v$ および $w$ は、それぞれが第4図(a)に示す各トーンに対応する。

このように、本実施の形態においては、符号器内に上記ターボ符号器1とコンバージョン2とを備えることにより、マルチキャリア変復調方式を用いた通信に適用可能とし、さらに、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、計算量の削減と、従来と同様の良好な伝送特性と、を実現することが可能となる。なお、本実施の形態においては、符号器内に上記ターボ符号器1とコンバージョン2とを備える構成としたが、これに限らず、たとえば、上記ビット誤り率の差を許容した場合には、コンバージョン2を削除し、さらに  
20 演算量を削減させることが可能となる。また、本実施の形態においては、変調方式として、16QAM方式を一例として説明を行ったが、これに限らず、その他の変調方式(256QAM等)を用いた場合においても、同様の効果を得ることができる。

つぎに、第1図(b)に示す復号器の動作について説明する。なお、本実施の  
25 形態では、多値直交振幅変調(QAM)として、たとえば、16QAM方式を採用し、さらにマルチキャリアのうちの2つのトーンについて復号処理を行う場合



について説明する。また、本実施の形態の符号器においては、受信データの下位  
2ビットに対してターボ復号を実施し、軟判定により元の送信データを推定し、  
他の上位ビットについては、受信データを第2の判定器19で硬判定することによ  
り、元の送信データを推定する。ただし、受信信号  $Lcy : V_0, V_1, V_2, V_3,$   
5  $W_0, W_1, W_2, W_3$  は、それぞれ前記送信側の出力： $v_0, v_1, v_2, v_3, w_0, w_1,$   
 $w_2, w_3$  に伝送路のノイズやフェージングの影響を与えた信号である。

まず、受信信号  $Lcy : V_0, V_1, W_0, W_1$  を受け取ったターボ復号器では、ま  
ず、第1の復号器11が、これらの受信信号から推定される推定情報ビット： $u_{1k},$   
10  $u_{2k}$  の対数尤度比： $L(u_{1k}), L(u_{2k})$  を算出する（ $k$  は時刻を表  
す）。なお、対数尤度比を算出する復号器としては、たとえば、既知の最大事後  
確率復号器（MAPアルゴリズム：Maximum A-Posteriori）が用いられることと  
が多いが、たとえば、既知のビタビ復号器を用いることとしてもよい。

このとき、対数尤度比： $L(u_{1k}), L(u_{2k})$  は、以下のように表すこと  
ができる。

$$\begin{aligned} L(u_{1k}') &= L_{cy} + La(u_{1k}) + Le(u_{1k}) \\ &= \ln \frac{\Pr(u_{1k}'=1 \| \{Lcy\})}{\Pr(u_{1k}'=0 \| \{Lcy\})} \dots \dots (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L(u_{2k}') &= L_{cy} + La(u_{2k}) + Le(u_{2k}) \\ &= \ln \frac{\Pr(u_{2k}'=1 \| \{Lcy\})}{\Pr(u_{2k}'=0 \| \{Lcy\})} \dots \dots (8) \end{aligned}$$

なお、本実施の形態において、 $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$  は外部情報を表し、  
 $L_a(u_{1k})$ 、 $L_a(u_{2k})$  は1つ前の外部情報である事前情報を表し、 $P_r(u_{1k}^- = 1 \mid \{Lcy\})$  は、受信信号の全系列： $\{Lcy\}$  を受け取った状態で推  
 定される推定情報ビット： $u_{1k}^-$  が1である事後確率を表し、 $P_r(u_{1k}^- = 0 \mid \{L$   
 5  $cy\})$  は $u_{1k}^-$  が0である事後確率を表し、 $P_r(u_{2k}^- = 1 \mid \{Lcy\})$  は、  
 受信信号の全系列： $\{Lcy\}$  を受け取った状態で推定される推定情報ビット：  
 $u_{2k}^-$  が1である事後確率を表し、 $P_r(u_{2k}^- = 0 \mid \{Lcy\})$  は $u_{2k}^-$  が0で  
 ある事後確率を表す。すなわち、(7) (8) 式では、 $u_{2k}^-$  が0である確率に  
 対する $u_{2k}^-$  が1である確率と、 $u_{1k}^-$  が0である確率に対する $u_{1k}^-$  が1である  
 10 確率と、を求めることとなる。

つぎに、加算器12では、前記算出結果である対数尤度比から、第2の復号器  
 15 15に対する外部情報を算出する。外部情報： $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$  は、上  
 記(7) (8) 式に基づいて、以下のように表すことができる。

$$L_e(u_{1k}) = L(u_{1k}^-) - Lcy - L_a(u_{1k}) \quad \cdots (9)$$

$$15 \quad L_e(u_{2k}) = L(u_{2k}^-) - Lcy - L_a(u_{2k}) \quad \cdots (10)$$

ただし、1回目の復号においては、事前情報が求められていないため、 $L_a(u_{1k}) = 0$ 、 $L_a(u_{2k}) = 0$  である。

つぎに、インタリーブ13および14では、受信信号 $Lcy$ と外部情報： $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$  に対して信号の並べ替えを行う。そして、第2の復号器1  
 20 5では、第1の復号器11と同様に、受信信号 $Lcy$ 、および先に算出しておい  
 た事前情報： $L_a(u_{1k})$ 、 $L_a(u_{2k})$  に基づいて、対数尤度比： $L(u_{1k}^-)$ 、  
 $L(u_{2k}^-)$  を算出する。その後、加算器16では、加算器12と同様に、(9)  
 (10) 式を用いて、外部情報： $L_e(u_{1k})$ 、 $L_e(u_{2k})$  を算出する。このと  
 き、デインタリーブ17にて並べ替えられた外部情報は、事前情報： $L_a(u_{1k})$ 、  
 25  $L_a(u_{2k})$  として、前記第1の復号器11にフィードバックされる。

その後、上記ターボ復号器では、上記処理を、所定の回数にわたって繰り返す

実行することにより、より精度の高い対数尤度比を算出し、最後に、第1の判定器18が、この対数尤度比に基づいて信号の判定を行い、もとの送信データを推定する。具体的にいうと、たとえば、対数尤度比が $L(u_{1k}) > 0$ であれば、 $u_{1k}$ を1と判定し、 $L(u_{1k}) \leq 0$ であれば、 $u_{1k}$ を0と判定し、  
5 同様に、対数尤度比が $L(u_{2k}) > 0$ であれば、 $u_{2k}$ を1と判定し、 $L(u_{2k}) \leq 0$ であれば、 $u_{2k}$ を0と判定する。なお、同時に受信する受信信号 $Lcy: V_2, V_3, W_2, W_3$ については、第2の判定器19を用いて硬判定される。

このように、本実施の形態においては、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、特性劣化の可能性のある受信信号の下位2ビットに対して軟判定を行うターボ復号器と、受信信号におけるその他のビットに対して硬判定を行う判定器と、を備えることにより、計算量の多い軟判定部分の削減と、従来と同様の良好な伝送特性と、を実現することが可能となる。なお、  
10 本実施の形態のようなランダム誤りとバースト誤りが混在するような伝送路においては、シンボル単位での誤り訂正を行うR-S符号（リードソロモン）や他の既知の誤り訂正符号等との併用により、さらに優れた伝送特性を得ることができる。

以上、説明したとおり、本発明によれば、マルチキャリア変復調方式を用いた通信に適用可能とし、さらに、ターボ符号化手段と演算手段とを備えることにより、  
20 変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、計算量の削減、および従来と同様の良好な伝送特性を実現することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。また、特性劣化の可能性のある受信信号の下位2ビットに対して軟判定を行い、受信信号におけるその他のビットに対して硬判定を行うことにより、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、  
25 計算量の多い軟判定部分の削減、および従来と同様の良好な伝送特性を実現することが可能な通信装置を得ることができる、と

いう効果を奏する。

つぎの発明によれば、ターボ符号化手段にデインタリーブ処理手段を追加する構成とすることにより、送信データと冗長データの時刻を合わせることが可能となり、後続の演算手段による演算処理を効率的に実行することが可能な通信装置  
5 を得ることができる、という効果を奏する。

つぎの発明によれば、ランダム誤りとバースト誤りが混在するような伝送路においても、シンボル単位での誤り訂正を行う R-S 符号との併用により、さらに優れた伝送特性を得ることが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

10 つぎの発明によれば、マルチキャリア変復調方式を用いた通信に適用可能とし、さらに、ターボ符号化手段と演算手段とを備えることにより、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、計算量の削減、および従来と同様の良好な伝送特性を実現することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

15 つぎの発明によれば、ターボ符号化手段にデインタリーブ処理手段を追加する構成とすることにより、送信データと冗長データの時刻を合わせることが可能となり、後続の演算手段による演算処理を効率的に実行することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

つぎの発明によれば、各情報ビットに対するビット誤り率の差を許容した場合、  
20 演算手段を削除することにより、さらに演算量を削減させることが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

つぎの発明によれば、ランダム誤りとバースト誤りが混在するような伝送路においても、シンボル単位での誤り訂正を行う R-S 符号との併用により、さらに優れた伝送特性を得ることができる、という効果を奏する。

25 つぎの発明によれば、特性劣化の可能性のある受信信号の下位 2 ビットに対して軟判定を行い、受信信号におけるその他のビットに対して硬判定を行うことに

より、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、計算量の多い軟判定部分の削減、および従来と同様の良好な伝送特性を実現することが可能な通信装置を得ることができる、という効果を奏する。

つぎの発明によれば、ランダム誤りとバースト誤りが混在するような伝送路において、シンボル単位での誤り訂正を行うR-S符号との併用により、さらに優れた伝送特性を得ることができる、という効果を奏する。

つぎの発明によれば、マルチキャリア変復調方式を用いた通信に適用可能とし、さらに、ターボ符号化ステップと演算ステップとを含むことにより、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、計算量の削減、および従来と同様の良好な伝送特性を実現することが可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。また、特性劣化の可能性がある受信信号の下位2ビットに対して軟判定を行い、受信信号におけるその他のビットに対して硬判定を行うことにより、変調方式の多値化に伴ってコンスタレーションが増大する場合においても、計算量の多い軟判定部分の削減、および従来と同様の良好な伝送特性を実現することが可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。

つぎの発明によれば、ターボ符号化ステップにデインタリーブ処理ステップを追加することにより、送信データと冗長データの時刻を合わせることが可能となり、後続の演算ステップによる演算処理を効率的に実行することが可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。

つぎの発明によれば、ランダム誤りとバースト誤りが混在するような伝送路において、シンボル単位での誤り訂正を行うR-S符号との併用により、さらに優れた伝送特性を得ることが可能な通信方法を得ることができる、という効果を奏する。

以上のように、本発明にかかる通信装置は、DMT (Discrete Multi Tone) 変復調方式やOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 変復調方式を用いたデータ通信に有用であり、特に既設の電話回線を使用して数メガビット／秒の高速ディジタル通信を行うADSL通信方式およびHDSL通信方式等のxDSL通信方式に適している。

## 請 求 の 範 囲

1. 誤り訂正符号として、ターボ符号を採用する通信装置において、

送信データにおける所定数の下位ビットに対してターボ符号化を行うことによ  
5 り、前記所定数に応じた情報ビットと、異なる手順で畳込み符号化された第1お  
よび第2の冗長ビットと、を出力するターボ符号化手段と、

前記所定数の情報ビットと前記各冗長ビットとを用いて、各情報ビットに対す  
る誤り訂正能力を均一にするための演算を行い、その演算結果と、前記送信デー  
タにおけるその他のビットと、を符号化結果として出力する演算手段と、

10 受信信号における所定数の下位ビットから、情報ビットと第1の冗長ビットと  
を抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられた1つ前の軟判定出力（な  
い場合も含む）に基づいて軟判定を行う第1の復号手段と、

さらに、情報ビットと第2の冗長ビットとを抽出し、その抽出結果と、前記第  
1の復号手段からの軟判定出力に基づいて軟判定を行い、その結果を前記1つ前  
15 の軟判定出力として前記第1の復号手段に通知する第2の復号手段と、

前記第1の復号手段と前記第2の復号手段による軟判定を所定回数にわたって  
繰り返し実行後、前記第2の復号手段の軟判定出力に基づいて、もとの情報ビッ  
トを推定する第1の判定手段と、

前記受信信号における他のビットを硬判定することにより、もとの情報ビット  
20 を推定する第2の判定手段と、

を備えることを特徴とする通信装置。

2. 前記ターボ符号化手段は、

インタリーブ処理後に符号化された一方の冗長ビットに対してデインタリーブ  
25 処理を行うデインタリーブ処理手段を備え、

前記各情報ビットと前記各冗長ビットとの時刻を合わせて出力することを特徴

とする請求の範囲第1項に記載の通信装置。

3. リードソロモン符号とターボ符号とを併用することとし、

送信側では、リードソロモン符号化後、ターボ符号化を実施し、

受信側では、ターボ符号を復号後、リードソロモン符号を復号することを特徴

5 とする請求の範囲第1項に記載の通信装置。

4. インタリーブ処理を符号化に取り入れたターボ符号を採用する符号器を備え、  
その符号化結果を送信する通信装置において、

前記符号器は、

10 複数ビットで構成される送信データを受け取り、前記送信データにおける所定  
数の下位ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記所定数に応じた情  
報ビットと、前記各情報ビットを畳込み符号化した第1の冗長ビットと、インタ  
リーブ処理後の各情報ビットを畳込み符号化した第2の冗長ビットと、を出力す  
るターボ符号化手段と、

15 前記所定数の情報ビットと前記各冗長ビットとを用いて、各情報ビットに対す  
る誤り訂正能力を均一にするための演算を行う演算手段と、

を備え、

前記演算結果と、前記送信データにおけるその他のビットと、を符号化結果と  
して出力することを特徴とする通信装置。

20

5. 前記ターボ符号化手段は、

前記第2の冗長ビットに対してデインタリーブ処理を行うデインタリーブ処理  
手段を備え、

前記各情報ビットと、前記第1の冗長ビットと、前記デインタリーブ処理後の

25 第2の冗長ビットと、の時刻を合わせて出力することを特徴とする請求の範囲第  
4項に記載の通信装置。



6. リードソロモン符号とターボ符号とを併用することとし、リードソロモン符号化後、ターボ符号化を実施することを特徴とする請求の範囲第4項に記載の通信装置。

5

7. インタリーブ処理を符号化に取り入れたターボ符号を採用する符号器を備え、その符号化結果を送信する通信装置において、

前記符号器は、

10 複数ビットで構成される送信データを受け取り、前記送信データにおける所定数の下位ビットに対してターボ符号化を行うことにより、前記所定数に応じた情報ビットと、前記情報ビットを畳込み符号化した第1の冗長ビットと、インタリーブ処理後の情報ビットを畳込み符号化した第2の冗長ビットと、を出力するターボ符号化手段を備え、

15 前記各情報ビットと、前記第1および第2の冗長ビットに加えて、前記送信データにおけるその他のビットを符号化結果として出力することを特徴とする通信装置。

20 8. リードソロモン符号とターボ符号とを併用することとし、リードソロモン符号化後、ターボ符号化を実施することを特徴とする請求の範囲第7項に記載の通信装置。

9. ターボ符号化された受信信号を軟判定により復号する復号器を備える通信装置において、

前記復号器は、

25 前記受信信号における所定数の下位ビットから、情報ビットと、畳込み符号化された第1の冗長ビットと、を抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えら

れた1つ前の軟判定出力（ない場合も含む）に基づいて、前記情報ビットの軟判定を行う第1の復号手段と、

前記受信信号における所定数の下位ビットから、前記符号器側の出力数に応じた情報ビットと、前記第1の冗長ビットと異なる方法で畳込み符号化された第2  
5 の冗長ビットと、を抽出し、その後、抽出結果と、前記第1の復号手段からの軟判定出力に基づいて、前記情報ビットの軟判定を行い、その結果を前記1つ前の軟判定出力として前記第1の復号手段に通知する第2の復号手段と、

前記第1の復号手段と第2の復号手段による軟判定を所定回数にわたって繰り返し実行後、前記第2の復号手段の軟判定出力に基づいて、もとの情報ビットを  
10 推定する第1の判定手段と、

前記受信信号における他のビットを硬判定することにより、もとの情報ビットを推定する第2の判定手段と、

を備えることを特徴とする通信装置。

15 10. 送信側がリードソロモン符号とターボ符号とを併用している場合、ターボ符号を復号後、リードソロモン符号を復号することを特徴とする請求の範囲第9項に記載の通信装置。

11. 送信データにおける所定数の下位ビットに対してターボ符号化を行うこと  
20 により、前記所定数に応じた情報ビットと、異なる手順で畳込み符号化された第1および第2の冗長ビットと、を出力するターボ符号化ステップと、

前記所定数の情報ビットと前記各冗長ビットとを用いて、各情報ビットに対する誤り訂正能力を均一にするための演算を行い、その演算結果と、前記送信データにおけるその他のビットと、を符号化結果として出力する演算ステップと、

25 受信信号における所定数の下位ビットから、情報ビットと第1の冗長ビットとを抽出し、その抽出結果と、事前情報として与えられた1つ前の軟判定出力（な

い場合も含む)に基づいて軟判定を行う第1の復号ステップと、

さらに、情報ビットと第2の冗長ビットとを抽出し、その抽出結果と、前記第1の復号ステップにおける軟判定出力に基づいて軟判定を行い、その結果を前記1つ前の軟判定出力とする第2の復号ステップと、

- 5 前記第1の復号ステップと前記第2の復号ステップによる軟判定を所定回数にわたって繰り返し実行後、前記第2の復号ステップによる軟判定出力に基づいて、もとの情報ビットを推定する第1の判定ステップと、

前記受信信号における他のビットを硬判定することにより、もとの情報ビットを推定する第2の判定ステップと、

- 10 を含むことを特徴とする通信方法。

12. 前記ターボ符号化ステップにあつては、

インタリーブ処理後に符号化された一方の冗長ビットに対してデインタリーブ処理を行うデインタリーブ処理ステップを含み、

- 15 前記各情報ビットと前記各冗長ビットとの時刻を合わせて出力することを特徴とする請求の範囲第11項記載の通信方法。

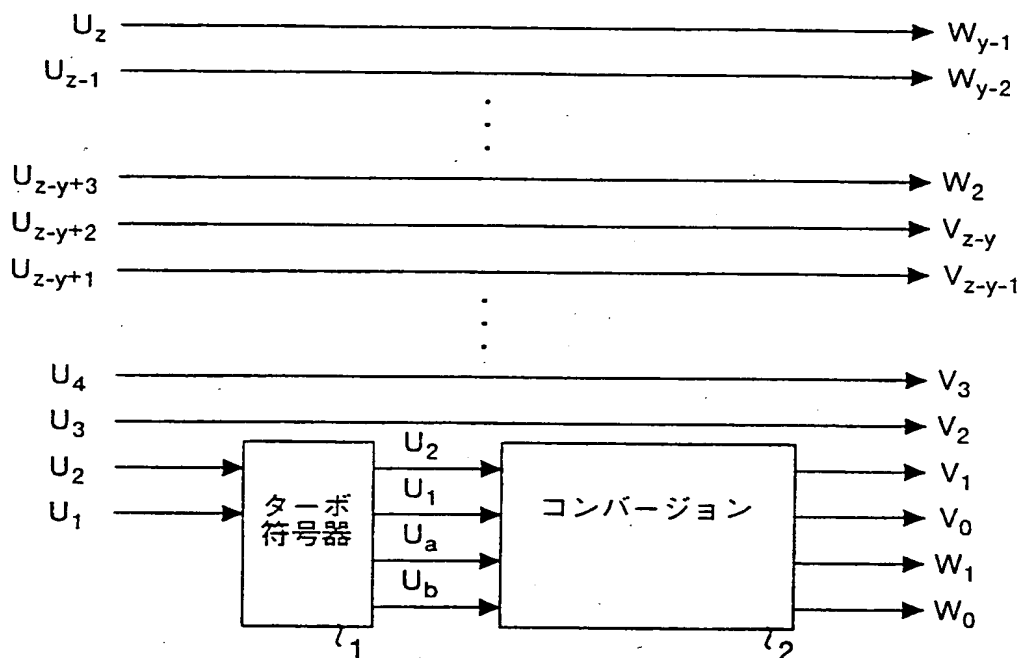
13. リードソロモン符号とターボ符号とを併用することとし、

送信側では、リードソロモン符号化後、ターボ符号化を実施し、

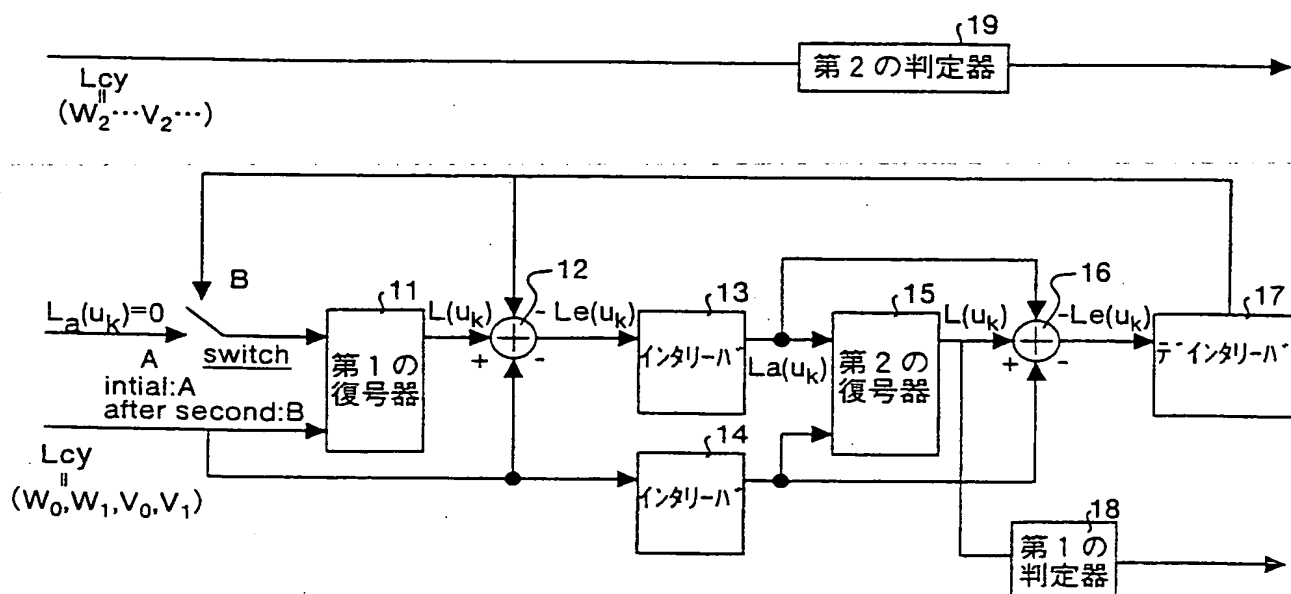
- 20 受信側では、ターボ符号を復号後、リードソロモン符号を復号することを特徴とする請求の範囲第11項に記載の通信方法。

## 第1図

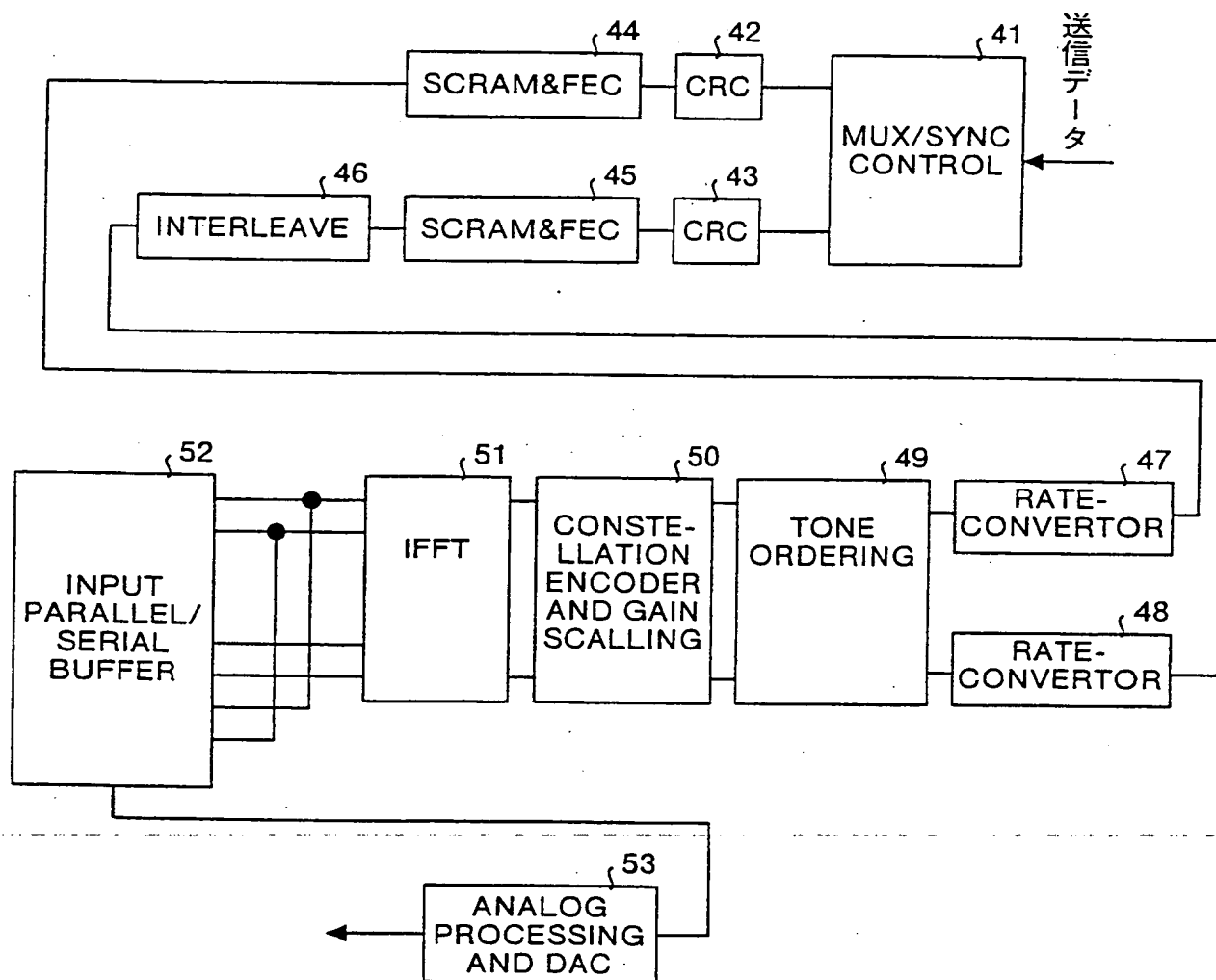
(a)



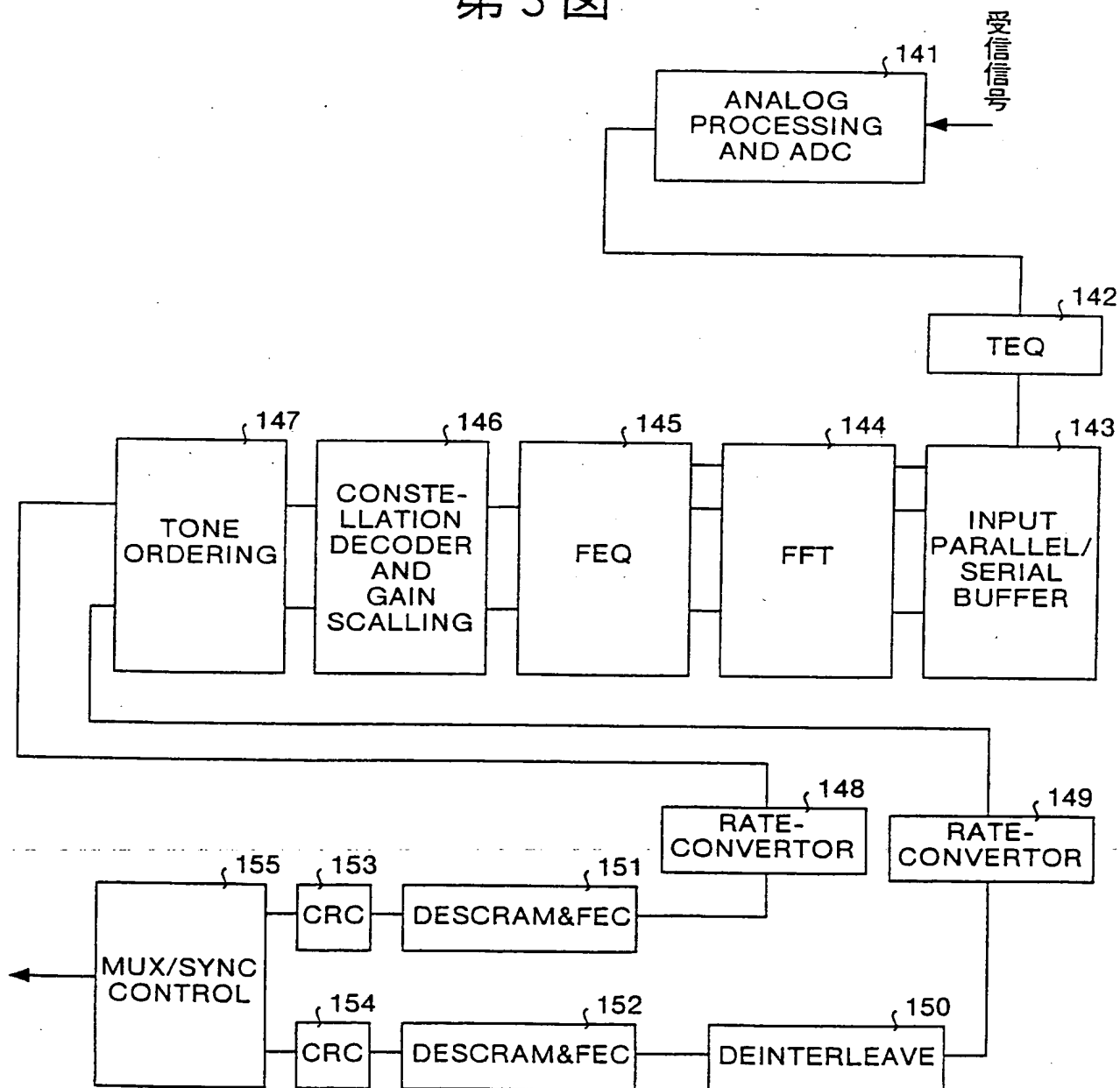
(b)



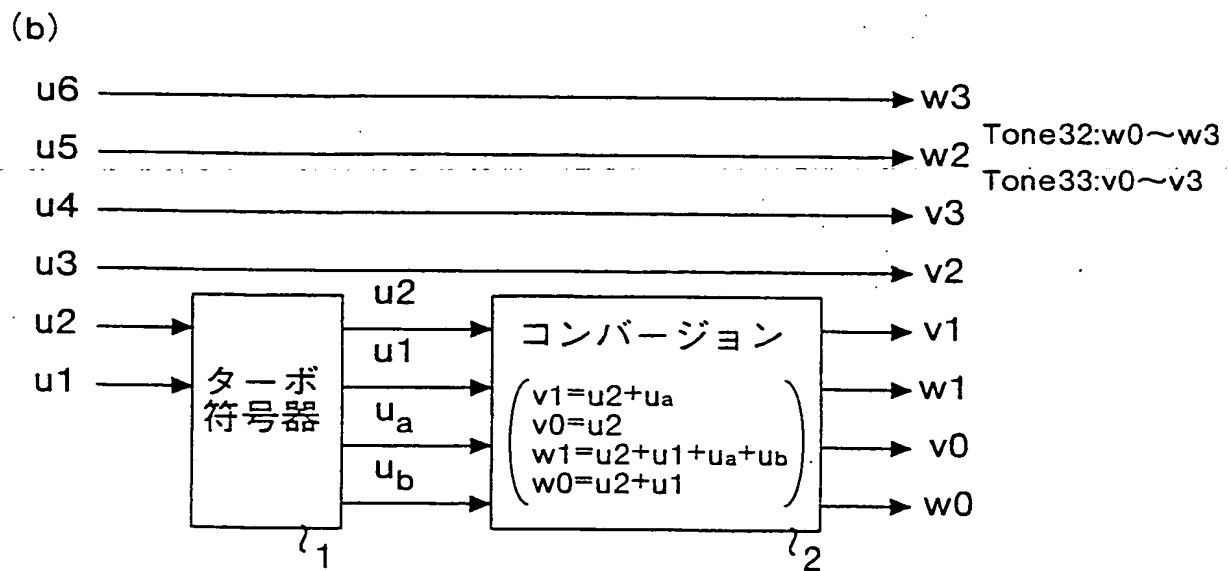
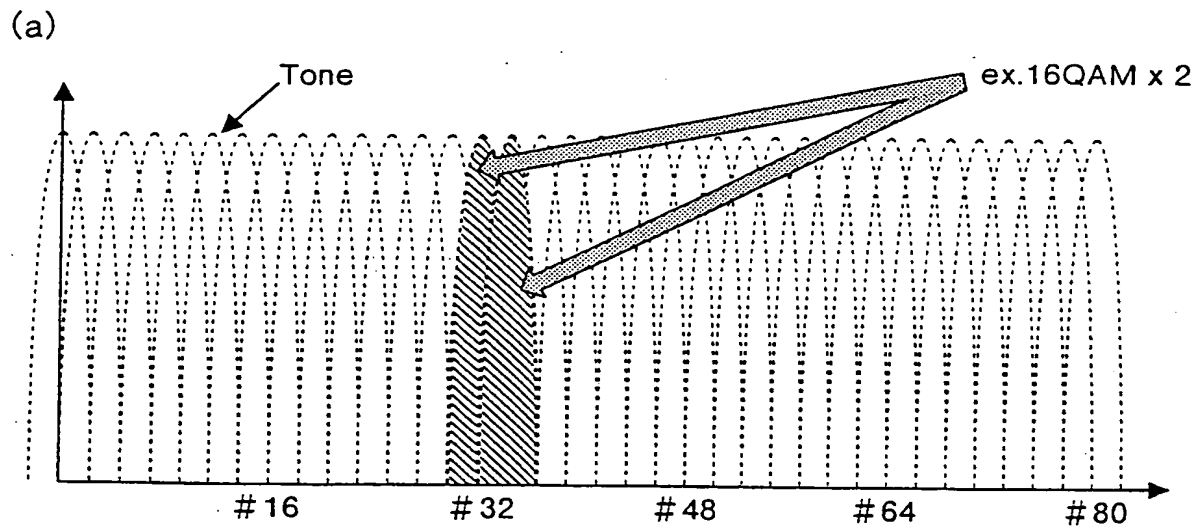
## 第2図



第 3 図

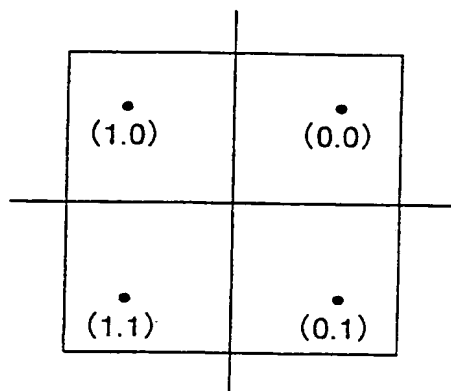


## 第 4 図

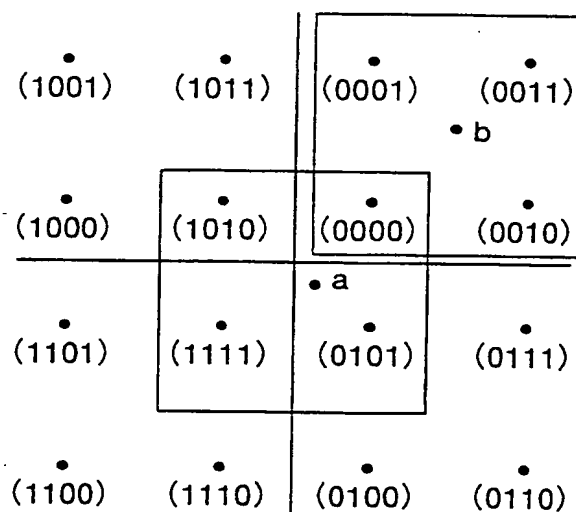


## 第5図

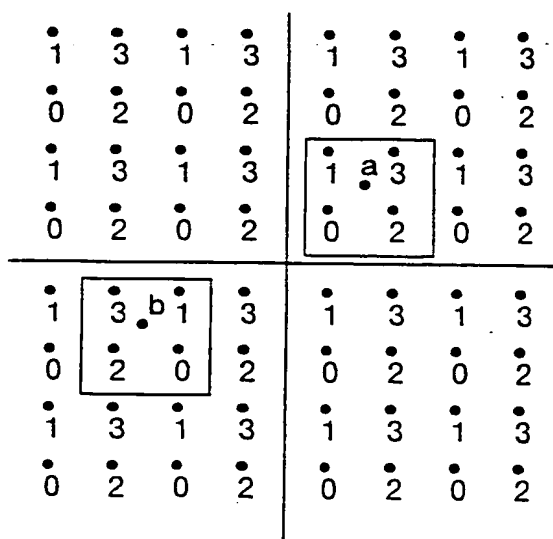
(a)



(b)

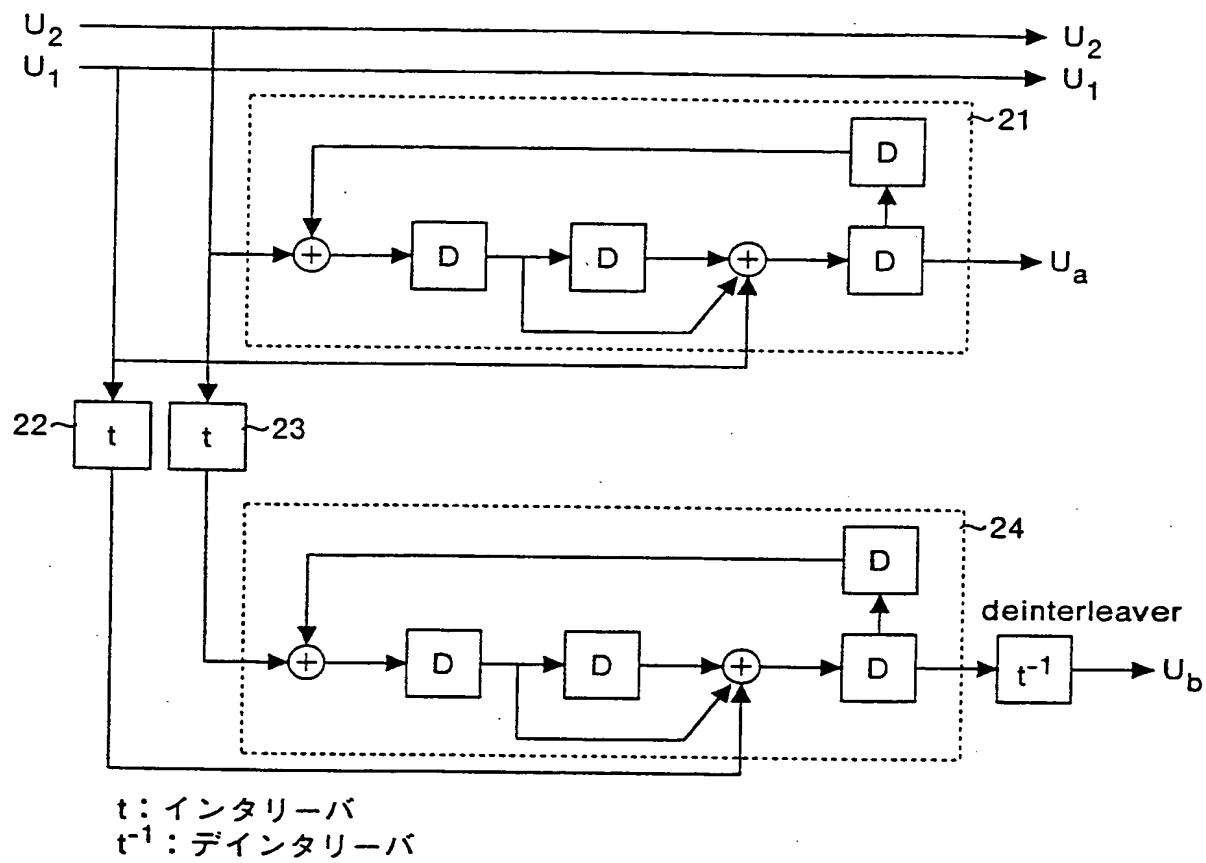


(c)

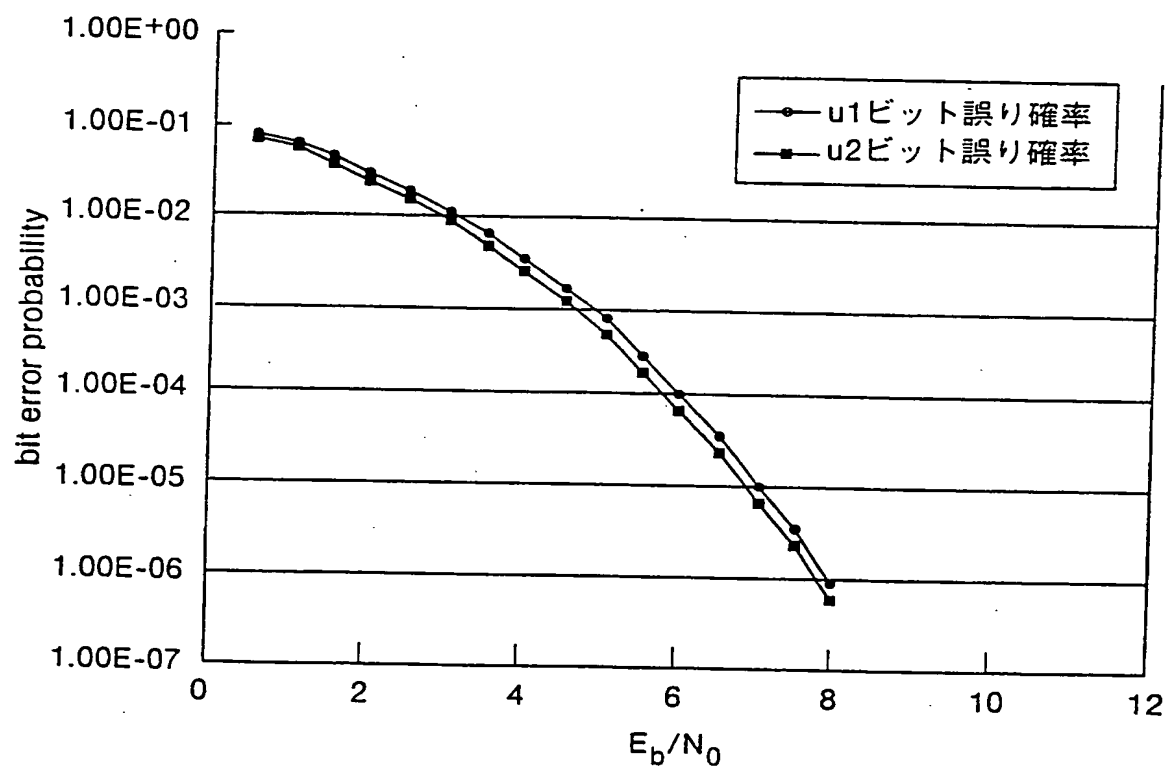




## 第 6 図

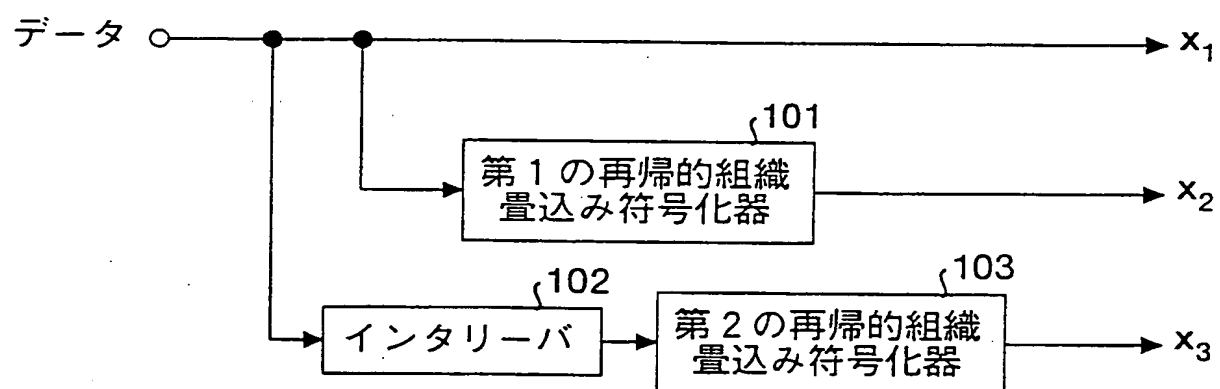


## 第7図

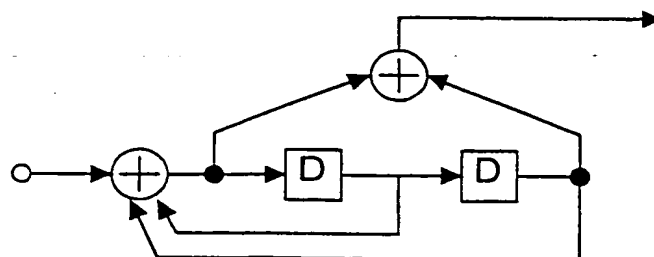


第 8 圖

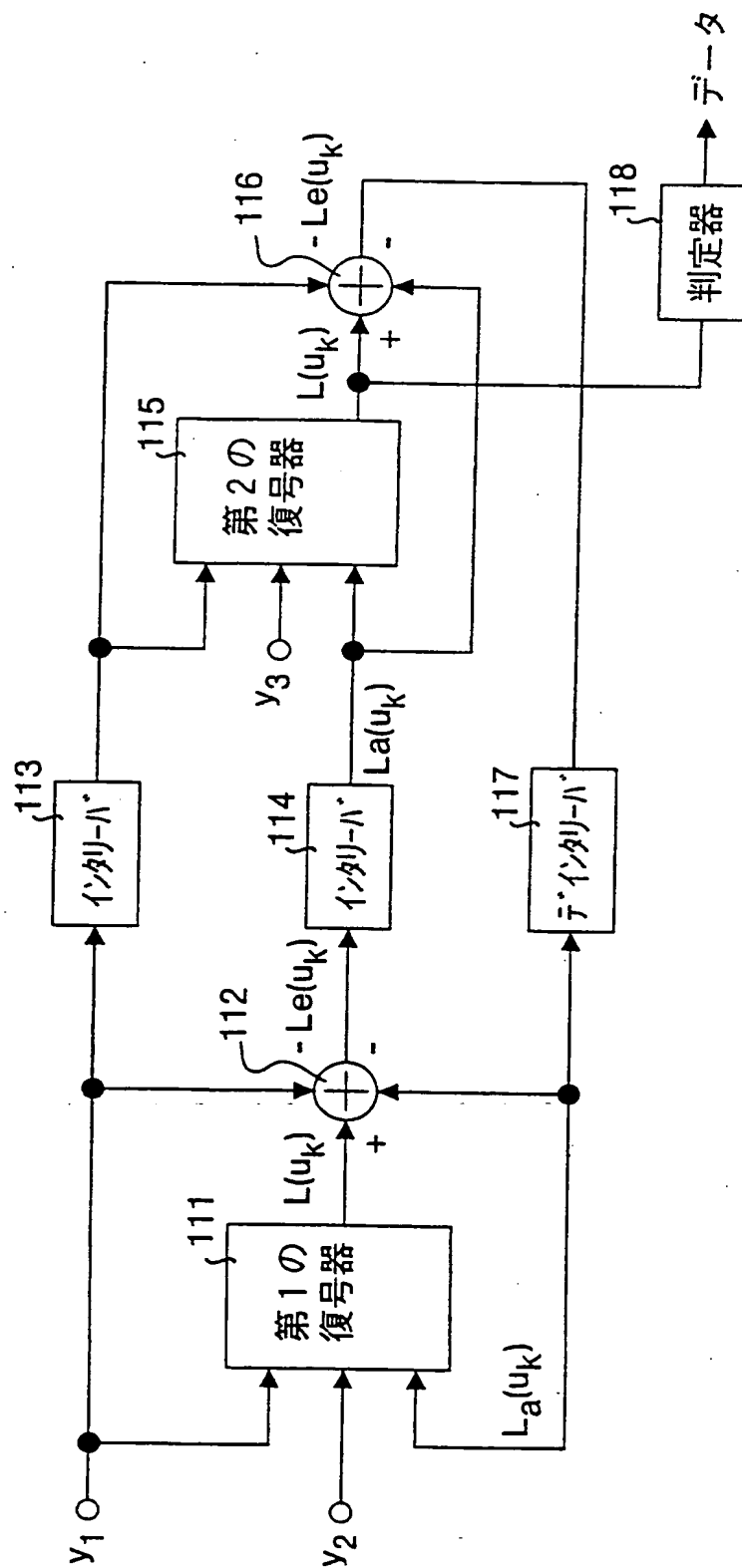
(a)



(b)



第9図



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-327787

(43)公開日 平成5年(1993)12月10日

| (51)Int.Cl. <sup>5</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号   | FI             | 技術表示箇所 |
|--------------------------|------|----------|----------------|--------|
| H 0 4 L 27/00            |      |          |                |        |
| H 0 3 M 13/12            |      | 7259-5 J |                |        |
| H 0 4 L 27/34            |      |          |                |        |
|                          |      | 9297-5K  | H 0 4 L 27/ 00 | B      |
|                          |      | 9297-5K  |                | E      |

審査請求 未請求 請求項の数19(全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-219763  
(22)出願日 平成4年(1992)7月27日  
(31)優先権主張番号 7 3 6 7 3 8  
(32)優先日 1991年7月26日  
(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 592172367  
ジェネラル・インスツルメント・コーポレーション  
GENERAL INSTRUMENT CORPORATION  
アメリカ合衆国ペンシルベニア州ハットボロ、パイペリー・ロード2200  
(72)発明者 ウー・エッチ・バイク  
アメリカ合衆国カリフォルニア州エンシニタス、フォーチュナ・ランチ・ロード3470  
(74)代理人 弁理士 竹内 澄夫 (外2名)

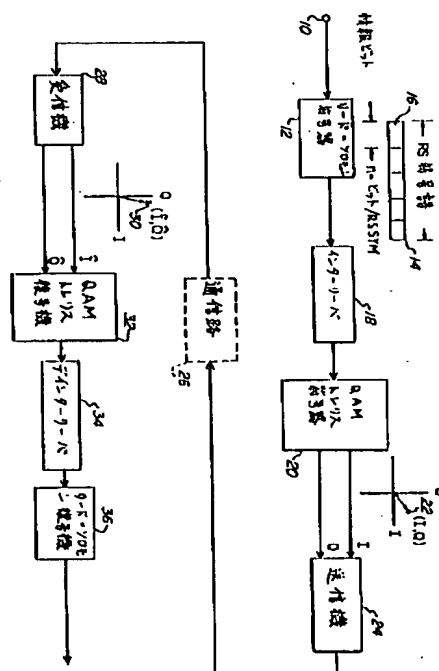
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 トレリス符号化QAMを使用したデジタルデータ 通信方法および装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 QPSK変調用符号に基づく符号化変調をQAM変調システムに直接組み込んでトレリス符号化QAMを構成し、帯域効率、信頼性が高い実用的符号化構造を提供する。

【構成】 送信シンボルをリードソロモン符号器12で外側誤り訂正符号化する。次にトレリス符号器20でシンボルの一部を、符号化率1/2のトレリス符号化アルゴリズムで内側符号化しQPSK符号語を生成する。これをシンボルの残りのビットと共に写像して変調関数を生成する。残りのビットは、QPSK符号語によるサブセット内シンボル点の1つをシンボルに関連させる。受信側は、変調関数を枝刈りしサブセットに対応する1組のメトリックを生成し、かつ残りのビットのコンステレーション点の様々な条件付き決定値を提供する。このメトリックをトレリス符号器32から最初のビットを復元しQPSK符号語を再生する。以下送信側と逆の操作により復号する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 QAM伝送を利用してデジタルデータを伝送する方法において、前記方法が、  
NビットのQAMコンステレーションパターンを、それぞれ前記コンステレーションパターンのシンボル点を $N/4$ 個づつ含む4つのサブセットに分割する段階と、  
異なる2ビットの符号語を前記4つのサブセットのそれぞれに割り当てる段階と、

伝送すべきシンボルの第1ビットを符号化率 $1/2$ の2進畳込み符号化アルゴリズムで処理することによって前記シンボルを符号化し、前記コンステレーションパターンにおいて前記シンボルが存在するサブセットに割り当てられた2ビット符号語を提供する段階と、

前記2ビット符号語を前記シンボルの残りのビットと共に写像して、前記符号語によって定義されるサブセットに含まれる $N/4$ 個のシンボル点の1つを前記残りのビットによって前記シンボルに相関させる変調関数を提供する段階と、

通信路で伝送するために前記変調関数によって搬送波を変調する段階とから成ることを特徴とするデジタルデータ通信方法。

【請求項2】 前記2ビットの符号語が前記変調関数の最下位ビットを形成し、前記コンステレーションパターンの座標のマトリックスの列を定義することと、  
前記残りのビットが前記変調関数の最上位ビットを形成し、前記コンステレーションパターンの大きさを決定することとを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】 さらに、誤り訂正符号化アルゴリズムを用いて情報ビットを符号化して前記シンボルを提供する段階から成ることを特徴とする、請求項1または2記載の方法。

【請求項4】 前記畳込み符号化段階がトレリス符号化アルゴリズムを使用することを特徴とする、請求項3記載の方法。

【請求項5】 さらに、前記搬送波を受信機で受信刷る段階と、  
受信機で受信した搬送波を復調して、前記変調関数を復元する段階と、

復元した変調関数を枝刈りして、前記サブセットに対応するメトリックの組を提供し、かつ前記残りのビットで識別される信号点の様々な条件付き決定を表わす多数のバイトを提供する段階と、

符号化率 $1/2$ の2進畳込み符号を複合するアルゴリズムで前記メトリックを使用して、前記第1ビットを復元する段階と、

復元された第1ビットを符号化率 $1/2$ の2進畳込み符号化アルゴリズムを用いて符号化して、前記符号語を再生する段階と、

前記再生された符号語に応答して、前記条件付き決定バイトの1つを選択する段階と、

前記選択されたバイトを復元された第1ビットと結合して、復号された出力を提供する段階とから成ることを特徴とする、請求項1ないし4のいずれかに記載の方法。

【請求項6】 さらに、誤り訂正符号化アルゴリズムを使用して情報ビットを符号化し、送信すべき前記シンボルを提供する段階と、

シンボル誤り訂正復号アルゴリズムを用いて前記出力をさらに復号する段階とから成ることを特徴とする請求項5記載の方法。

【請求項7】 前記復号アルゴリズムがビタビアルゴリズムであることを特徴とする、請求項5または6記載の方法。

【請求項8】 QAM伝送用にデジタルデータを符号化する装置において、前記装置が、  
送信すべきシンボルを第1ビットと残りの少なくとも1ビットに分解する手段と、

前記第1ビットを符号化率 $1/2$ の2進畳込み符号化アルゴリズムで符号化して、NビットのQAMコンステレーションパターンのサブセットであってそれぞれ前記コンステレーションパターンのシンボル点を $N/4$ 個づつ含む4つのサブセットの1つを定義する2ビットの符号語を提供する手段と、

前記2ビット符号語を前記シンボルの残りのビットと共に写像して、前記符号語によって定義されるサブセットに含まれる $N/4$ 個のシンボル点の1つを前記残りのビットによって前記シンボルに相関させる変調関数を提供する手段と、

通信路で伝送するために前記変調関数によって搬送波を変調する手段とから成ることを特徴とするデジタルデータ符号化装置。

【請求項9】 さらに、誤り訂正符号化アルゴリズムを用いて情報ビットを符号化して、前記シンボルを提供する外側符号器から成ることを特徴とする、請求項8記載の装置。

【請求項10】 前記符号語が前記変調関数の最下位ビットを形成し、前記コンステレーションパターンの座標のマトリックスの列を定義することと、  
前記残りのビットが前記変調関数の最上位ビットを形成し、前記コンステレーションパターンの大きさを決定することとを特徴とする請求項8または9記載の装置。

【請求項11】 前記符号化手段がトレリス符号化アルゴリズムを使用することを特徴とする、請求項8ないし10のいずれかに記載の装置。

【請求項12】 受信した搬送波を復調して、2ビット符号語が多数のQAMコンステレーションサブセットの1つを識別し、かつ残りの $(N-2)$ ビット部分が前記1つのサブセット内の信号点を表わすNビットのQAM変調関数を復元する手段と、

復元した変調関数を枝刈りして、前記サブセットに対応する1組のメトリックを提供し、かつ $(N-2)$ ビット

部分で識別される信号点の様々な条件付き決定を表わす多数の(N-2)ビットのサブグループを提供する手段と、

符号化率1/2の2進畳込み符号を復号するアルゴリズムに前記メトリックを使用して、第1ビットを復元する復号器手段と、

復元された第1ビットを符号化率1/2の2進畳込み符号化アルゴリズムにより符号化して、前記符号語を再生する手段と、

前記再生された符号語に応答して、前記多数の(N-2)ビットのサブグループから1つを選択する手段と、選択されたサブグループを復元された第1ビットと結合して、復号出力を提供する手段とから成るQAMシンボルデータ復号装置。

【請求項13】 前記符号語が前記変調関数の最下位ビットを構成し、コンステレーション座標のマトリックスの列を定義することと、選択されたサブグループが最上位ビットを構成し、前記マトリックスの行を定義することとを特徴とする、請求項12記載の装置。

【請求項14】 前記枝刈手段が、コンステレーション座標のマトリックスの各列について復元されたNビット変調関数を量子化し、前記条件付き決定が前記列のそれぞれの最適選択から成り、メトリックの組が各選択の品質を表わすことを特徴とする、請求項12または13記載の装置。

【請求項15】 前記復号手段が、軟判定アルゴリズムを用いて畳込み符号を復号する復号器から成ることを特徴とする、請求項12ないし14のいずれかに記載の装置。

【請求項16】 さらに、シンボル誤り訂正アルゴリズムを用いて前記出力を復号する外側復号器から成り、それによって、前記復号手段と前記外側復号器を組み合わせることで連結復号器を構成することを特徴とする、請求項12ないし15のいずれかに記載の装置。

【請求項17】 前記復号アルゴリズムがビタビアルゴリズムから成ることを特徴とする、請求項12ないし16のいずれかに記載の連結復号装置。

【請求項18】 前記シンボル誤り訂正アルゴリズムがリード-ソロモン符号から成ることを特徴とする、請求項16または17記載の連結復号装置。

【請求項19】 前記搬送波がHDTV搬送波信号であることを特徴とする、請求項12ないし18のいずれかに記載の連結復号装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、トレリス符号化直交振幅変調(QAM)に関し、さらに詳しくは、QAM伝送を符号化する実用的方法に関する。

【0002】

【従来の技術】例えば高精細度テレビジョン(HDT

V)信号の放送に使用するデジタル化画像信号のごときデジタルデータは、VHFやUHFの地上通信用アナログ伝送路でエンドユーザへ伝送することができる。アナログ伝送路では、その入力波形がゆがんだり変形して伝送される。波形のゆがみは通常は統計学的であるが、暗熱雑音や衝撃雑音、フェージングなどが起こりうる。相加のおよび/または相乗的な場合もある。伝送路によってもたらされる変形は、周波数変換、非線形または高調波ひずみ、および時間分散である。

【0003】アナログ伝送路でデジタルデータを伝送するには、例えばパルス振幅変調(PAM)を用いてデータを変調する。一般的には直交振幅変調(QAM)を使用して、利用可能な通信路の帯域幅内で伝送できるデータ量を増大する。QAMはPAMの一種であり、多ビット数の情報が、例えば16または32の点を含むことのできる「コンステレーション」と呼ばれる1つのパターンで一緒に伝送される。

【0004】パルス振幅変調の場合、各信号は伝送シンボルによって決定される振幅レベルを持つパルスである。16ビットQAMでは、一般に各直角位相チャンネルに-3、-1、1、および3のシンボル振幅を使用する。デジタル通信システムの帯域効率、単位帯域幅当りの毎秒伝送ビット数と定義される。つまり、帯域幅に対するデータレートの比率である。高いデータレートおよび小さい占有帯域が要求される適用分野では、帯域効率の高い変調システムが使用される。QAMは帯域効率の高い変調である。

【0005】一方、衛星通信システムによく見られる四相シフトキーイング(QPSK)などの変調方式は、よく確立され理解されている。QPSKでは、QAMより単純なコンステレーションパターンが得られる。特に、QPSKシステムで使用するコンステレーションパターンは、一般に位相が相互に90度づつ離れている同一振幅の4個のシンボルしか含まない。したがって、4個のシンボルは円の回りに均等間隔で配置される。

【0006】QPSK変調は、帯域制限は主要な問題ではないが出力が制限されるシステムに適している。一方、QAM変調は、出力要件は主要な問題ではない帯域が制限されるシステムで有利である。したがって、QPSKは衛星通信システムにおいて卓越した方式として使用されてきた。一方、QAMは地上およびケーブルシステムに好適である。QPSKの普及の結果、トレリス符号化QPSK変調を実現する集積回路はすでにできおり、簡単に手に入る。

【0007】トレリス符号化変調(TCM)は、帯域制限通信路でのデジタル伝送のために符号化と変調を組み合わせた技術として発展してきた。これは、QAMのごとき従来の符号化しないマルチレベル変調に比べて、帯域効率を低下することなく、重要な符号化利得を達成することができる。TCM方式は冗長非2進変調を、変

調信号の選択を支配して符号化信号シーケンスを生成する有限状態符号器と組み合わせて利用する。受信側では、雑音のある信号を軟判定最尤シーケンス復号器によって復号化する。こうした方式は、相加的雑音に対するディジタル伝送の頑強性を、従来からの符号化しない変調と比較して3-6dB高めることができる。このような利得は、他の周知の誤り訂正方式で要求される帯域拡大や実効情報率の低下を伴うことなく達成される。

「トレリス」という用語を使用するのは、2進畳込み符号のトレリス図によく似た状態遷移（トレリス）図によってこの方式を説明することができるからである。違いは、TCMが畳込み符号化の原理を任意の大きさの信号セットによる非2進変調まで拡張することである。トレリス符号化QPSK変調を実現するためのコンポーネントを入手しやすいということは、QPSK技術が卓越している衛星通信等の適用分野のために低価格の通信システムを設計する上で、非常に有利である。しかし、こうしたコンポーネントは、QAMを好適とするような他の符号化伝送システムを実現するには役に立たなかった。

【0008】出力と帯域の両方が制限され、しかも低価格のコンポーネント（特に低価格のデータ復号器）が要求される適用分野では、従来のQAMシステムは、必要とされる符号器および復号器回路が複雑であり比較的高価であるために、役に立ちそうになかった。実際、QAMトレリス符号器および復号器は、高価な特別注文の集積回路チップに実現するのが一般的である。

【0009】出力および帯域が制限されており、かつディジタルデータ通信に低価格の解決策が必要とされる1つの適用分野として、圧縮高精細度テレビジョン信号のディジタル通信がある。圧縮HDTV信号を伝送するシステムは、毎秒15-20メガビット(Mbps)程度のデータレート、5-6MHz程度の占有帯域（従来の米国テレビジョン標準方式委員会(NTSC)方式によるテレビチャネルの帯域幅）、および非常に高いデータ信頼性（つまり非常に小さいビット誤り率）が要求される。このデータレート要件は、高品質の圧縮テレビ画像を提供する必要性から生じている。帯域幅の制約は、HDTV信号は既存の6MHzテレビチャネルを使用するし、かつ現在のNTSC放送信号と共存しなければならないという米国連邦通信委員会の規定によるものである。この組合せのデータレートと占有帯域では、帯域効率の高い変調システムが必要にある。実際、データレート対帯域幅比は3または4程度でなければならない。つまり、符号化をせず帯域効率が2であるQPSKのような変調方式は適さない。帯域効率がもっと高いQAMのような変調方式が必要である。しかし、先に述べたように、QAMシステムは、大量消費される適用分野に実現するには高価すぎるのが難点であった。

【0010】HDTVの分野で非常に高いデータ信頼性

が要求される理由は、高度に圧縮した情報源材料（つまり圧縮画像）が伝送路誤りに弱いという事実による。データの本来の値を簡潔に記述するために、信号の自然冗長性は除かれている。例えば、24時間に誤りを1ビット未満として15Mbpsで送信するシステムの場合、ビット誤り率(BER)は、10<sup>-12</sup>個の伝送ビットにおける誤りが1回未満でなければならない。

【0011】データ信頼性の要件は、分割統治(divide and conquer)による問題解決法である連結符号化の手法を用いることによって、事実上満たされることが多い。こうした符号化の枠組では2つの符号を使用する。

「内側」変調符号は伝送路をきれいに片付け、「外側」復号器に穏当なシンボル誤り率を伝送する。内側符号は通常、「軟判定」（つまり、精巧に量子化された伝送路データ）を用いて効果的に復号化できる符号化変調である。周知の方法として、内側符号として畳込みまたはトレリス符号を使用し、一形態の「ビタビアルゴリズム」をトレリス復号器とする方法がある。外側符号はほとんどの場合が、t-誤り訂正「リード-ソロモン」符号である。HDTVデータ通信に要求されるデータレート範囲内で作動するこうしたリード-ソロモン符号化システムは広く利用することができ、数社の製造業者の集積回路に実現されている。外側復号器は、内側復号器をくぐり抜けた大多数のシンボル誤りを除去するので、最終出力の誤り率が非常に小さくなる。

【0012】さらに詳細な連結符号化方式の説明は、G. C. クラーク・ジュニア、J. B. ケイン共著「ディジタル通信の誤り訂正符号化」（1981年）(G.C. Clark, Jr. and J.B. Cain, "Error-Correction Coding for Digital Communications", Plenum Press, New York, 1981)、およびS. リン、D. J. コステロ・ジュニア共著「誤り制御符号化：基礎と応用」（1983年）(S. Lin and D.J. Costello, Jr., "Error Control Coding: Fundamentals and Applications", Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1983)に見ることができる。また、トレリス符号化については、情報理論に関するIEEE会議録第IT-28巻第1号55-67頁（1982年1月）のG. ウンガーベック著「マルチレベル/位相信号による伝送路符号化」(G. Ungerboeck, "Channel Coding with Multilevel/Phase Signals", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. IT-28, No. 1, pp. 55-67, January 1982)、IEEE通信雑誌第25巻第2号5-21頁（1987年2月）のG. ウンガーベック著「冗長信号セットを用いたトレリス符号化変調—第I部：序論、—第II部：最新技術」(G. Ungerboeck, "Trellis-Coded Modulation with Redundant Signal Sets -- Part I: Introduction, -- Part II: State of the Art", IEEE Communications Magazine, Vol. 25, No. 2, pp. 5-21, February 1987)、および情報理論に関するIEEE会議録第I



T-33巻第2号177-195頁(1987年3月)のA. R. コールダーバンク、N. J. A. スローン共著「格子と剰余系に基づく新しいトレリス符号」(A. R. Caulderbank and N. J. A. Sloane, "New Trellis Codes Based on Lattices and Cosets", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. IT-33, No. 2, pp. 177-195, March 1987)で詳細に議論されている。ビタビアルゴリズムについては、IEEEの会報第61巻第3号(1973年3月)のG. D. フォーニー・ジュニア著「ビタビアルゴリズム」(G. D. Forney, Jr., "The Viterbi Algorithm", Proceedings of the IEEE, Vol. 61, No. 3, March 1973)に説明されている。リード・ソロモン符号化方式については、前出のクラーク・ジュニアら(Clark, Jr. et al)、およびリンら(Lin et al)の記事で討議されている。

#### 【0013】

【発明が解決しようとする課題】連結符号化システムにおける内側変調符号の出力における誤り率性能は、信号対雑音比(SNR)に大きく依存する。ある符号はSNRが低いときに性能がよく、誤り率が低くなり、別の符号はSNRが高いときに性能がよくなる。つまり、連結符号システムでも非連結符号化システムでも、変調符号の最適化には、指定SNR範囲によって異なる解決策が必要になることを意味する。

【0014】帯域効率がよく、出力要件が低いデータ変調システムを装備すると有利である。そうしたシステムは、最小占有帯域および非常に高いデータ信頼性で高いデータレートを持たなければならない。低価格で大量生産するために、こうしたシステムに使用する受信機の複雑さを最小限に抑えなければならない。システムは、個別化をできるだけ少なくし、容易に入手できるコンポーネントを使用して実現することができなければならない。

【0015】本発明は、上記の利点を持つ変調システムを提供する。特に本発明の方法および装置は、データ信頼性を犠牲にすることなく、トレリス符号化QPSKシステムの範囲をトレリス符号化QAMシステムにまで拡張する。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】本発明に従って、QAM伝送を用いてデジタルデータを伝送する方法を提供する。n-ビットのQAMコンステレーションパターンを、4つのサブセットに分割する。各サブセットは、コンステレーションパターンのN/4のシンボル点を含む。4つのサブセットのそれぞれに、異なる2ビットの符号語を割り当てる。伝送するシンボルを、符号化率1/2の2進畳込み符号化アルゴリズムでそのシンボルの第1ビットを処理することによって符号化し、コンステレーションパターンの中でそのシンボルが存在するサブセットに割り当てる2ビットの符号語を生成する。この

2ビットの符号語をシンボルの残りのビットと共に写像して、変調関数を生成する。残りのビットは、符号語によって定義されるサブセットに含まれるN/4個のシンボル点の1つをシンボルに相関させるものである。通信路で伝送するために、搬送波を変調関数で変調する。

【0017】図に示す実施例では、2ビットの符号語は変調関数の最下位ビットを構成し、コンステレーションパターンの座標のマトリックスの列を定義する。残りのビットは、変調関数の最上位ビットを構成し、コンステレーションパターンの大きさを決定する。連結方式の場合、情報ビットは最初に例えば、リード・ソロモン符号のごときシンボル誤り訂正符号を使用して、シンボルに符号化する。符号化されたこれらのシンボルを次にトレリス符号器へ渡し、そこで搬送波に望ましい変調を行なう。

【0018】変調関数を伝送した後、それを受信側で復元する。復元された変調関数を枝刈りし、サブセットに対応する1組のメトリックを生成し、かつ残りのビットによって識別される信号点の様々な条件付き決定を表わす多数のバイトを生成する。このメトリックを、符号化率1/2の2進畳込み符号を復号するアルゴリズム(例えばビタビアルゴリズム)で使用する。最初のビットを復元する。復元された最初のビットを符号化率1/2の2進畳込み符号化アルゴリズムで使用する。符号語を再生する。再生された符号語に回答して、条件付き決定バイトの1つを選択する。次に、選択されたバイトを復元された最初のビットと組み合わせて、復号した出力を生成する。

【0019】本発明はさらに、QAM伝送のためにデジタルデータを符号化する装置を提供する。符号器は、伝送するシンボルを最初のビットと少なくとも1つの残りのビットに分解するパーズング手段を含む。また、最初のビットを符号化率1/2の2進畳込み符号化アルゴリズムで符号化し、NビットのQAMコンステレーションパターンの4つのサブセットの1つを定義する2ビット符号語を作成する手段を装備する。各サブセットは、コンステレーションパターンのシンボル点をそれぞれN/4個づつ含む。符号語を残りのビットと共に写像し、変調関数を生成する。残りのビットは、符号語によって定義されるサブセットに含まれるN/4個のシンボル点の1つをシンボルに相関させる。また、通信路で伝送するために搬送波を変調関数で変調する手段を装備する。さらに、誤り訂正アルゴリズムを用いて情報ビットを符号化して、パーズング手段によって分解されるシンボルを生成する外側符号器を装備することができる。

【0020】図に示す実施例では、符号語は変調関数の最下位ビットを構成し、前記コンステレーションパターンの座標マトリックスの列を定義する。残りのビットは、変調関数の最上位ビットを構成し、コンステレーションパターンの大きさを決定する。符号化手段はトレリ

ス符号化アルゴリズムを使用することができる。

【0021】復号装置も本発明に従って提供する。受信機は、受信した搬送波を復調して、 $N$ -ビットQAM変調関数を復元する。この変調関数において、2ビットの符号語は多数のQAMコンステレーションサブセットの1つを識別し、残り $(N-2)$ のビット部は前記1つのサブセット内の1つの信号点を表わす。さらに、復元された変調関数を枝刈り(pruning)して、前記サブセットに対応する1組のメトリックを生成し、かつ $(N-2)$ ビット部によって識別される信号点の多数の条件付き決定値を表わす多数の $(N-2)$ ビットのサブグループを生成する枝刈り手段を装備する。このメトリックを、符号化率 $1/2$ の2進畳込み符号を復号するアルゴリズムに使用して、最初のビットを復元する。次に、復元された最初のビットを、符号化率 $1/2$ の2進畳込み符号化アルゴリズムを用いて符号化し、符号語を再生する。さらに、再生された符号語に応答して、多数の $(N-2)$ ビットのサブグループから1つを選択する手段を装備する。選択されたサブグループを復元された最初のビットと組み合わせて、復号した出力を生成する。

【0022】図に示す実施例では、符号語は変調関数の最下位ビットから成り、コンステレーション座標のマトリックスの列を定義し、一方、選択されたサブグループは最上位ビットを構成し、マトリックスの行を定義する。枝刈り手段は、コンステレーション座標のマトリックスの各列の復元 $N$ ビット変調関数を量子化するものであり、条件付き決定値は各列の最適選択から成り、そのメトリックの組は各選択の品質を表わす。このメトリックを、軟判定アルゴリズムを使用して畳込み符号を復号する復号器と共に使用する。

【0023】連結復号器も提供する。連結方式の実施例では、誤り訂正アルゴリズムを用いて出力を復号する外側復号器を装備する。図に示す実施例では、連結復号器に使用する内側複合アルゴリズムはビタビアルゴリズムから成る。外側のシンボル誤り訂正アルゴリズムは、リード-ソロモン符号で構成することができる。受信機で受信される搬送波信号は、高精細度テレビジョン搬送波信号で構成することができる。

【0024】

【実施例】図1は、QAMデータを伝送するための連結方式の符号化システムを示す。伝送するデジタル情報が、入力端子10からリード-ソロモン符号器などのシンボル誤り訂正符号器12に入力される。符号器12は情報を、多数の連続する $n$ ビットのシンボル16から成る符号語14に変換する。符号器12に外側畳込み符号を使用することもできるが、伝送系で誤りが集中発生しやすい性質、ハード量子化データしか使用できないという事実、および速度の高い符号が望ましいことを考慮すると、2進ストリームの $n$ ビットのセグメントから成るシンボルを使用するリード-ソロモン符号が外側符号に

適した選択ということになる。リード-ソロモン符号はブロック内のシンボル誤り数にしか依存しないので、 $n$ -ビットの1つのシンボル内のバースト誤りに影響されない。しかし、連結システムの性能は、シンボル誤りの長時間のバーストによってひどく劣化する。したがって、リード-ソロモン符号器12の出力にインターリーバ18を設置し、符号化動作の間に(個々のビットではなく)シンボルを挟み込むようにする。挟み込みの目的は、シンボル誤りのバーストを分解することである。

【0025】挟み込まれたシンボルはQAMトレリス符号器20へ入力される。本発明では、符号器20は、以下に詳細に述べるように、QPSK符号をトレリス符号化QAM変調システムへ組み込む。

【0026】符号器20の出力は、QAMコンステレーションパターンの実平面(I)と虚平面(Q)の座標を表わすシンボルから成る。1つのそうしたコンステレーション点22を、図1に象徴的に示す。このシンボルが従来の送信器24によって、伝送路26を介して送信される。伝送路は様々なひずみや遅延をもたらし、信号は受信機28に受信される前にゆがむ。その結果、受信されたシンボルに実現される座標値は、送信された座標値と厳密に相関しなくなり、受信された点30は、コンステレーションパターンの実際に送信された点22とは異なる位置になる。受信点の正確な位置を決定し、それによって実際に送信された通りのデータを得るために、軟判定畳込み復号アルゴリズムを使用するQAMトレリス復号器32に受信データ下記数4の受信データを入力して、送信情報を復元する。

【0027】

【数4】

( $\mathbf{f}, \mathbf{d}$ )

(数 4)

本発明による復号器を以下に詳しく説明する。

【0028】復号器32により復号された出力は、上述のインターリーバ18と逆の効果を生じるデインターリーバ34に入力される。デインターリーブされたデータはリード-ソロモン復号器36に入力されて、元の情報ビットを復元する。

【0029】本発明では、QPSK符号をトレリス符号化QAMシステムに組み込むことによって、低SNR領域の作動時に低いビット誤り率で、データレートが高く帯域効率がよいシステムを提供する。この目的を達成するために、両方で1つのシンボルを定義するQPSK符号の符号語と「未符号化」ビットを、一意にQAMコンステレーションに割り当てる。また、軟判定復号器と「未符号化」ビットが表わすコンステレーション点を決定する技術とを結合することによって、受信信号を復号する。

【0030】図2は、本発明による符号器を示す。データビット(例えば図1のインターリーバの出力)は、入

11

力端子40から従来のバージング回路42に入力される。送信するNビットのシンボルが分解されて生成された最初のビットは、線路46に出力して畳込み符号器48に送られる。残りのN-2個の「未符号化」ビットは、線路44に出力して $2^N$ -QAM写像回路50に送られる。畳込み符号器48は、ゼネレータを8進数で171および133とする符号化率 $1/2$ 、状態数64の畳込み符号を使用する。符号器48の2ビットの出力と(N-2)ビットの未符号化ビットは $2^N$ -QAM写像回路へ送られ、NビットのシンボルをQAMコンステレーション上の特定のコンステレーション点に写像するためのラベルとして使用される。畳込み符号器48からの「符号化」された2ビット出力は、実際にはQPSK符号語であり、コンステレーションサブセットの選択に使用される。未符号化ビットは、QAMコンステレーションからコンステレーションサブセット内の特定の信号点を選択するのに使用される。

【0031】QAM伝送(符号化)では、QPSK符号の符号語および残りの未符号化ビットをQAMコンステ

12

\*レーションに割り当てなければならない。この目的のために、次の変調関数 $\text{MOD}(m) \in R^2$ によってQAMコンステレーション点のラベル付けを記述しなければならない。

$$[0032] \text{MOD}: \{0, 1\}^N \rightarrow R^2$$

以下に説明する写像は、次のような望ましい特徴を備えている。(1) QAMの直角位相の曖昧さの影響がQPSK符号語に現われるが、未符号化ビットは曖昧さの影響を受けない(つまり、直角位相の曖昧性はQPSKシステムと同様の方法で処理される)。(2) 最上位ディジットはコンステレーションの大きさを制御する(つまり $16/32/64$ -QAMの入れ子構造)。

【0033】 $16$ -QAM( $m_5=m_4=0$ )の場合、次のマトリックス(数1)によって記述されるラベル付けを考える( $m_5=m_4=m_3=m_2=0$ の場合、QPSK)。

【0034】

【数1】

$$\begin{array}{c} \text{MOD}(n_5 m_4 n_3 n_2 m_1 n_0) \\ n_5 m_4 n_3 n_2 \end{array} \quad \begin{array}{cccc} 00 & 01 & 11 & 10 \end{array} \quad \begin{array}{c} m_1 n_0 \\ m_1 n_0 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 0000 \\ 0001 \\ 0011 \\ 0010 \end{array} \quad \left( \begin{array}{cccc} +1, +1 & -1, +1 & -1, -1 & +1, -1 \\ +1, -3 & +3, +1 & -1, +3 & -3, -1 \\ -3, -3 & +3, -3 & +3, +3 & -3, +3 \\ -3, +1 & -1, -3 & +3, -1 & +1, +3 \end{array} \right) \quad (\text{数 } 1)$$

32-QAM( $m_5=0$ )の場合、次のマトリックス(数2)を追加する。

※【0035】

※【数2】

$$\begin{array}{c} \text{MOD}(n_5 m_4 n_3 n_2 m_1 n_0) \\ n_5 m_4 n_3 n_2 \end{array} \quad \begin{array}{cccc} 00 & 01 & 11 & 10 \end{array} \quad \begin{array}{c} m_1 n_0 \\ m_1 n_0 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 0100 \\ 0101 \\ 0111 \\ 0110 \end{array} \quad \left( \begin{array}{cccc} +5, -3 & +3, +5 & -5, +3 & -3, -5 \\ +1, +5 & -5, +1 & -1, -5 & +5, -1 \\ +5, +1 & -1, +5 & -5, -1 & +1, -5 \\ -3, +5 & -5, -3 & +3, -5 & +5, +3 \end{array} \right) \quad (\text{数 } 2)$$

64-QAMの場合、次のマトリックス(数3)を追加する。

【0036】

40 【数3】

13

$$\text{MOD}(m_5 m_4 m_3 m_2 m_1 m_0)$$

| $m_5 m_4 m_3 m_2$ | 00     | 01     | 11     | 10     |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1100              | +5, +5 | -5, +5 | -5, -5 | +5, -5 |
| 1101              | +5, -7 | +7, +5 | -5, +7 | -7, -5 |
| 1111              | -7, -7 | +7, -7 | +7, +7 | -7, +7 |
| 1110              | -7, +5 | -5, -7 | +7, -5 | +5, +7 |
| 1000              | -3, -7 | +7, -3 | +3, +7 | -7, +3 |
| 1001              | -7, +1 | -1, -7 | +7, -1 | +1, +7 |
| 1011              | +1, -7 | +7, +1 | -1, +7 | -7, -1 |
| 1010              | -7, -3 | +3, -7 | +7, +3 | -3, +7 |

14

## (数 3)

QPSK符号器の出力は、変調器入力の下位ビット (LSB)  $m_1 m_0$  を構成し、マトリックスの列を選択する。最上位ビット (MSB) はコンステレーションの大きさを決定する。未符号化ビットが無い ( $m_5 = m_4 = m_3 = m_2 = 0$ ) 場合、QPSKが生成される。未符号化ビットが2個の場合 ( $m_3 m_2$ )、16-QAMが生成される。未符号化ビットが3個の場合 ( $m_4 m_3 m_2$ )、32-QAMが生成される。未符号化ビットが4個の場合 ( $m_5 m_4 m_3 m_2$ )、64-QAMが生成される。それ以上の場合、QAMコンステレーションが90度づつ回転する影響により、マトリックスの列が次のように回転する。

【0037】00→01→11→10→00；  
行は変化しない。つまり、未符号化ビットのラベル付けは、0°、90°、180°、および270°の回転によって影響されない。受信機 (復号器) における直角位相の曖昧さの処理は、QPSK符号器だけに任されている。QPSK受信機で曖昧さの解決に使用される方法はこの方法でも、このラベル付けを用いるQAMシステムに直接組み込むことができる。例えば、QPSK符号自体が巡回変化しない場合には、QPSKの差動符号化を使用することができる。

【0038】本発明による16-QAMおよび32-QAMのコンステレーションパターンのラベル付けを、図4に図表形式で示す。一般に数字80で示すコンステレーションパターンは、前出の16-QAMおよび32-QAMのマトリックスに対応する。具体的に16-QAMの例を説明すると、破線の四角90の中に16個のコンステレーション点がある。これらのコンステレーション点は、図5でトークン82、84、86、88によって示される4つのサブセットに分割される。各サブセットは4つのコンステレーション点を含む。こうして、白丸で示したサブセット82の場合、四角90の中に4つの点82a、82b、82c、および82dがある。サ

ブセット自体は、図6に数字92で示す2つの符号化ビット (QPSKビット)  $m_0$ 、 $m_1$  によって定義される。16-QAMの場合、各サブセット内の特定の点は、図6に数字94で示す「未符号化」ビット  $m_2$ 、 $m_3$  によって識別される。こうして、82cはサブセット00、このサブセット内の点011として定義される。84a、86a、および88a等、残りの各コンステレーション点も同様に識別される。

【0039】32ビットQAMの場合、破線の四角90の外側の16個の点が追加される。これらの点も同様にラベル付けされるが、この場合は図6に94で示す3つのビット  $m_2$ 、 $m_3$ 、 $m_4$  が全部使用される。このような方法のラベル付けをより高レベルのQAMに拡張できることは理解されよう。

【0040】本発明で使用するラベル付け構造の特徴は、図5に示すように、各QPSKシンボルのハミング重みが、ユークリッド重みを因数xで割った値に等しいということである。ただし、xはコンステレーション点間の (最小距離)<sup>2</sup> に対応する。実施例では、図4に示すように、各直角通信路 (quadrature channels) で1、-1、3、-3、5、-5のQAMレベルにコンステレーション点があるので、コンステレーション点間の最小距離は2であり、ハミング重みはユークリッド重みを4で割った値に等しい。

【0041】図3は、本発明によるQAMトレリス復調器の実現を示す。受信したシンボルデータは、入力端子60から枝刈回路62に入力される。枝刈回路62は復元された変調関数を処理して、QPSK符号語によって定義されるサブセットに対応するメトリックの組を生成すると共に、伝送された未符号化ビットによって識別される信号点の多数の条件付き決定を表す多数の (N-2) ビットのサブグループを生成する。特に、4つのメトリックが線路66に出力し、符号化率1/2、状態数64のビタビ復号器68に送られる。4組の (N-2)

ビットの条件付き決定は線路64に出力される。

【0042】枝刈回路62は、事前に計算されたメトリックの組および様々な組の入力値である下記数4の条件付き判定を含む参照用テーブルを記憶した、プログラム可能読出し専用メモリ(PROM)のごとき記憶装置で構成することができる。

【0043】

【数4】この数4の値はPROMをアドレス指定して、対応する記憶されたメトリックおよび決定を出力するために使用される。これにより、超高速枝刈動作が可能になる。ビタビ復号器は、枝刈回路から受け取ったメトリックの履歴の蓄積を用いて、QPSK符号語を復号する。

【0044】図3に示すビタビ復号器68は、従来のQPSK符号化構成用に入手できる従来型の符号化率1/2の複合器とすることができる。したがって、本発明の復号器を実現するために、特別注文のビタビ復号器を使用してトレリス符号を復号する必要はない。

【0045】先に述べたQAM変調器を使用するシステムに軟判定QPSK復号器を組み込んだ場合の信号検出のプロセスを考える。まず、QPSKまたはQAM信号の硬判定検出過程で、受信信号

$$y_k = x_k + w_k$$

$$\|y_k - \hat{x}_k\|^2 = \min_{m \in \{0, 1\}^N} \|y_k - \text{MOD}(m)\|^2 \quad (\text{数 } 8)$$

を満たす。ただし、 $\|\cdot\|^2$ はユークリッド距離の2乗(つまり2乗の和)である。相加性のガウス性雑音の場合、最近接点検出はMLである。

【0047】符号化QPSKおよびQAMシステムでは、符号語を効果的に復号するために、軟判定情報を復号器に提供しなければならない。この軟判定情報はしばしば

$$\hat{x}_k = \text{MOD}(\hat{m})$$

最近接点復号化の場合、選択されるメトリックは、メトリック( $y_k; \cdot$ ) =  $\|y_k - \text{DOM}(m)\|^2$ となる。実際には、実現の目的のためにメトリック自体が量子化される。例えば、可能な各メッセージ $m_1, m_0 \in \{0, 1\}^2$ に対するQPSKでは、最近接点メトリック $\|y_k - \text{MOD}(m_1, m_0)\|^2$ は、相加性ガウス性雑音のMLメトリックである。

\*を量子化する。ただし、信号 $x_k$ はQPSKまたはQAMコンステレーション(つまりMOD(m)の範囲)に属し、 $w_k$ は雑音である。量子化関数は、下記数7の関係に従って下記数5で示した信号と下記数6で示したデータの両方を推定する。

【0046】

$$\hat{x}_k \quad (\text{数 } 5)$$

$$\hat{m} \quad (\text{数 } 6)$$

$$\hat{x}_k = \text{MOD}(\hat{m}) \quad (\text{数 } 7)$$

最尤探索(ML)の場合、可能なメッセージ $m \in \{0, 1\}^N$ における対数尤度関数 $-\log(p(y_k | \text{MOD}(m)))$ を最小にする。ただし、 $p(y_k | x_k)$ は、 $x_k$ を送信したときに $y_k$ を受信する条件付き確率である。ランダムメッセージの場合、ML検出により誤りの確率が最小になる。尤も一般的な量子化の方法は最近接点(ユークリッド)検出であり、これは数8

【数8】

※しば、シンボルメトリックとして記述される。このメトリックは、 $y_k$ を受信したときに下記数14で示した特定のシンボルが送信されたとする判定の品質を示す。

【0048】

【数14】

(数14)

★【0049】軟判定復号可能なQPSK符号に基づくトレリス符号化QAM変調では、4個のシンボルメトリックおよび4個の条件付き硬判定を復号器に供給しなければならない。下記数9で示した $m_1, m_0 \in \{0, 1\}^2$ の各選択に対する最近接点検出

【数9】

$$\text{metric}(y_k; m_1, m_0) = \min_{m_{N-1}, \dots, m_2 \in \{0, 1\}^{N-2}} \|y_k - \text{MOD}(m_{N-1}, \dots, m_2, m_1, m_0)\|^2$$

(数9)

では、条件付き硬判定は最小値を得る $m_{N-1}, \dots, m_2$ の選択に対応する。シンボルメトリックおよび条件付き硬判定を決定するプロセスは、枝刈りとして知られている。トレリス符号化QAMでは、未符号化ビットは

トレリスの「並列」ブランチとして現われ、シンボルメトリックの計算および条件付き硬判定により、単独の最適ブランチ以外を全部、並列エッジの組から枝刈りする。

17

【0050】枝刈りは、先に述べたQAM変調マトリックスによって容易に説明される。枝刈り動作は、マトリックスの各列の受信シンボル $y_k$ の量子化を含むだけである。すると条件付き硬判定が各列の最適選択になり、メトリックはその判定の品質に対応する。

【0051】枝刈り動作が完了すると、軟判定情報がQPSK符号の復号器に入力される。(この時間中に、条件付き硬判定が記憶され、QPSK判定を待つ。)QPSK復号器は軟判定情報を用いてQPSK情報(つまり $m_1, m_0s$ )を復号する。その後、残りの情報(つまり $m_{N-1}, \dots, m_2s$ )が、復号されたQPSK情報およびそれまでに記憶された条件付き硬判定を用いて、周知の方法で決定される。

【0052】QPSK復号器がMLであれば(QPSK変調の場合)、上記の枝刈り/QPSK復号法もまたMLである。例えば、QPSK符号が最近接点(つまりビタビ)復号化による2進畳み込み符号であるならば、QAMトレリス復号アルゴリズムもまた最近接点である(つまり、受信シーケンスに最も近い符号語を探索する)。図3に示す実施例では、枝刈り回路62から出力されるメトリックスは復号器68によって復号され、図2の符号器の線路46に出力された単独ビットに対応する単独ビットを復元する。このビットは符号率 $1/2$ 、状態数64の畳み込み符号器70(図2の符号器48と同一)で再符号化され、2ビットQPSK符号語を再生す\*

$$P_{out} \leq (1/n_{RS}) \sum_{i=t+1}^{n_{RS}} \binom{n_{RS}}{i} (1-P_{in})^{n_{RS}-i} P_{in}^i \min\{i+t, n_{RS}\}$$

(数10)

によって限定することができる。次に、次の数11

$$P_b \approx P_{out} 2^{t-1} / (2^t - 1)$$

【数11】

(数11)

によって出力ビット誤り率を近似化する。さらに、リード-ソロモン符号の1ビットのシンボルが、より小さい $n$ ビットのシンボル(例えば、トレリス符号化QAM変※

$$P_{in} \approx 1 - (1 - P_{mod})^{1/n}$$

※調の復号シンボル)から構成される場合、入力誤り率は次の数12

【数12】

(数12)

となる。ただし、 $P_{mod}$ は $n$ ビットのシンボルの誤り率である。符号化変調を使用する場合、「無記憶」通信路を保証するためには、挟込みの使用が必須である。図7は、従来の符号化率 $2/3$ の符号を使用して復号した場合と、本発明に従ってトレリス符号化QAMの符号化率 $1/2$ のQPSK構成を使用した場合の2通りの連結システムの性能を示す。図7のグラフは、受信信号の搬送波対信号比(CNR)に対するリード-ソロモンブロック誤り率を表わしている。1つのブロックで $m$ ビットのシンボルが1つ以上誤り状態になると、ブロック誤り(つまり符号語誤り)が発生する。曲線100は、符号

\*る。再生された符号語は、サブグループが復号器68によって導入された遅延と等しい時間量だけ遅延バッファ72によって遅延した後、枝刈り回路から出力された4つの $(N-2)$ ビットのサブグループの1つを選択するのに使用される。選択された $(N-2)$ ビットのサブグループは次に、並直列変換回路76で復号器68から復元された単独ビットと結合され、トレリス復号出力を生成する。

【0053】図1に関連して述べたように、復号した出力は穏当なシンボル誤り率を示すが、これを外側復号器によってさらに改善しなければならない。このように、復号出力をデインターリーバ38およびリード-ソロモン外側復号器36(図1)によってさらに処理し、元の情報ビットを復元する。

【0054】 $t$ -誤り訂正の場合の任意の入力シンボル誤り率に対する出力ビット誤り率の推定値を、リード-ソロモン符号は簡単に計算することができる。 $q=2^l$ の有限体における(拡張)リード-ソロモン符号は、パラメータ $(n_{RS}, k, t)$ を有する。ただしブロック長 $n_{RS} \leq q+1$ 、寸法 $k=n_{RS}-2t$ 、誤り訂正能力は誤り $t$ 個である。入力シンボル誤り率 $P_{in}$ を持つ無記憶シンボル誤り通信路の場合、出力シンボル誤り率は、次の数10

【数10】

40 化 $1/2$ 、状態数64の本発明による連結リード-ソロモントレリス符号化16-QAMシステムの性能を示す。曲線104は、トレリス符号化32-QAMを用いた同様のシステムの性能を表わす。曲線102は、符号化 $2/3$ 、状態数16の従来のトレリス符号化16-QAM復号器の性能を表わす。曲線106は、符号化 $2/3$ 、状態数16の従来のトレリス符号化32-QAM復号器の性能を表わす。

【0055】図7の曲線は、トレリス符号化シミュレーションの結果を用いて、 $m$ ビットのリード-ソロモンシンボルが誤り $P_{RSsym}$ になる確率を推定した後、次

の数13

【数13】

$$P_{block} = \sum_{i=t+1}^L \binom{L}{i} P_{RSym}^i (1 - P_{RSym})^{L-i} \quad (\text{数13})$$

に従ってリード・ソロモンブロック誤りの確率を計算することによって決定したものである。ただし、Lはリード・ソロモンブロック長（1ブロック当りのmビットのシンボル数）であり、tは1ブロック当りの訂正可能なリード・ソロモンシンボル誤り数である。16-QAMシステムは8ビットのシンボルを1ブロック当り116個使用し、32-QAMシステムは8ビットのシンボルを1ブロック当り155個使用する。どちらのリード・ソロモン符号も、8ビットのリード・ソロモンシンボルを1ブロック当り最高5個まで訂正することができる。

【0056】図7の曲線は、システムを特定のCNR以下で作動したい場合、あるいはそうする必要がある場合には、曲線100、104で表わした本発明によるトレリス符号化法が明らかに正しい選択であることを示す。しかし、CNRが高いときでも、トレリス復号器は従来のQPSKビタビ復号回路チップを使用して、費用効果の高いトレリス復号器を製造することができるので、本発明のトレリス符号化法は優れた選択である。

【0057】これで、本発明が、圧縮高精細度テレビジョン信号のごとき、出力と帯域が制限された信号のデジタル伝送用の実用的システムを提供するものであることがよく理解されるはずである。QPSK変調の符号に基づく符号化変調構成を、QAMに基づく変調システムに

直接組み込み、トレリス符号化QAMを形成する。これにより、帯域効率とデータ信頼性が両方とも高く、容易に実現可能な構造が得られる。

【0058】本発明を特定の実施例に関連して説明してきたが、当業者は、特許請求の範囲に記載された本発明の精神および範囲から逸脱することなく、実施例に多くの適応や変形が可能であることを理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 連結符号化を使用したQAM伝送システムのブロック線図である。

【図2】 本発明によるトレリス符号器のブロック線図である。

【図3】 本発明によるトレリス復号器のブロック線図である。

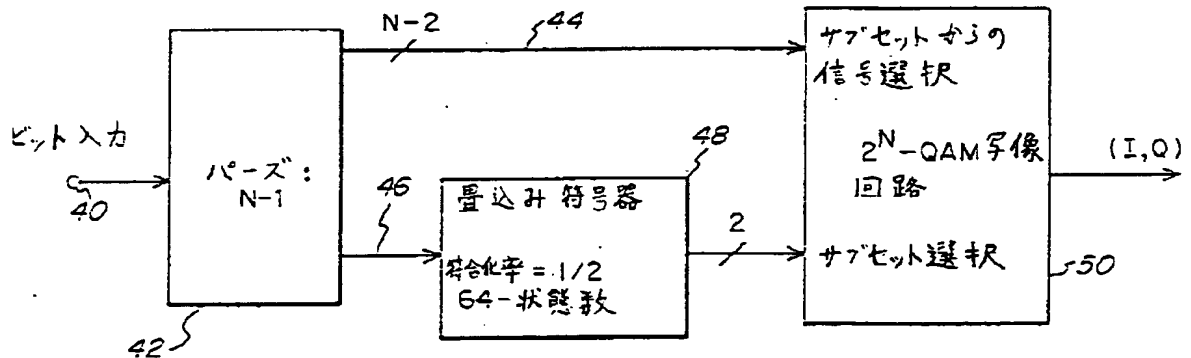
【図4】 本発明によりサブセットに分割されたQAMコンステレーションパターンを示す図である。

【図5】 図4のコンステレーションパターンのサブセットのラベル付けを定義する図表である。

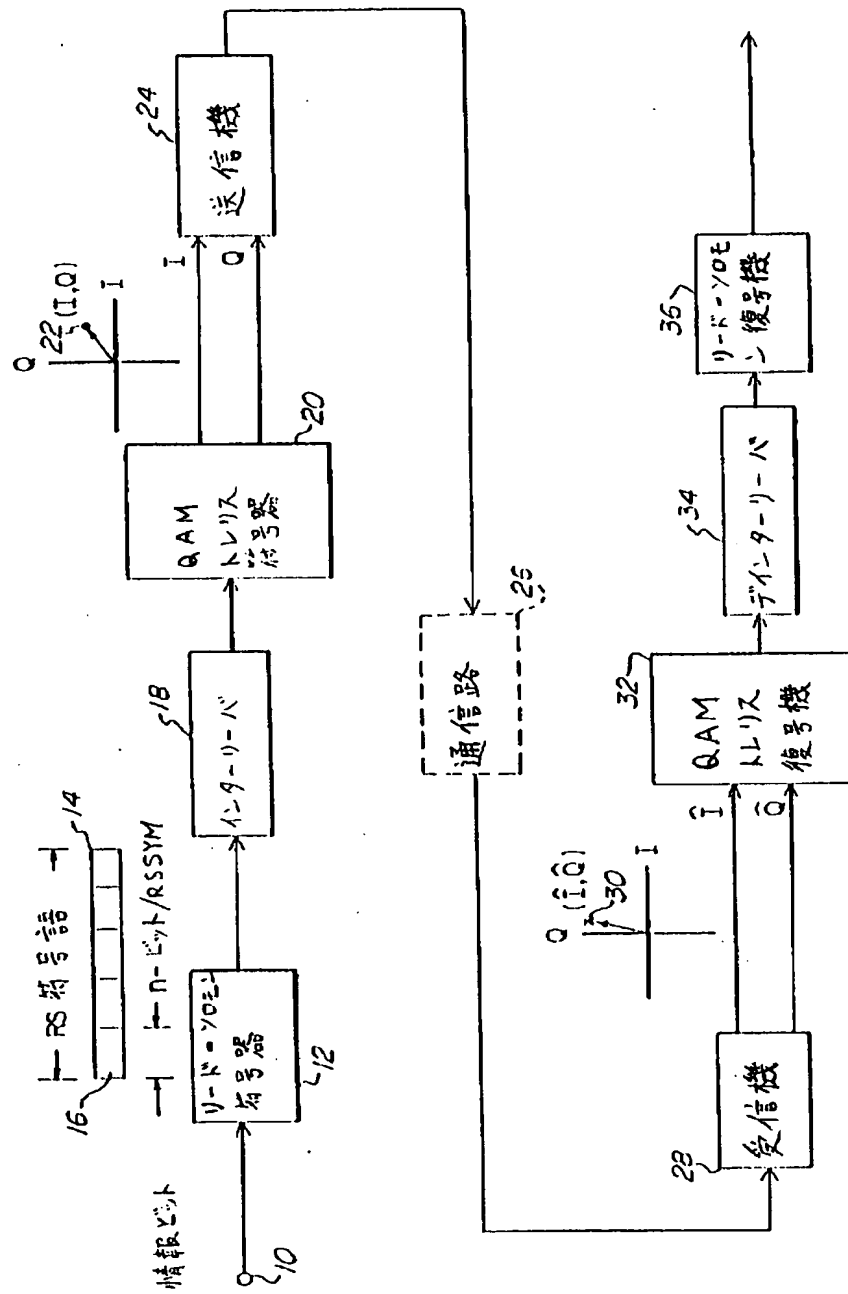
【図6】 図4のコンステレーションパターンのコンステレーション点のラベル付けを示す図表である。

【図7】 本発明による連結符号化構成の性能を先行技術の符号化QAM構成の性能と比較したグラフである。

【図2】

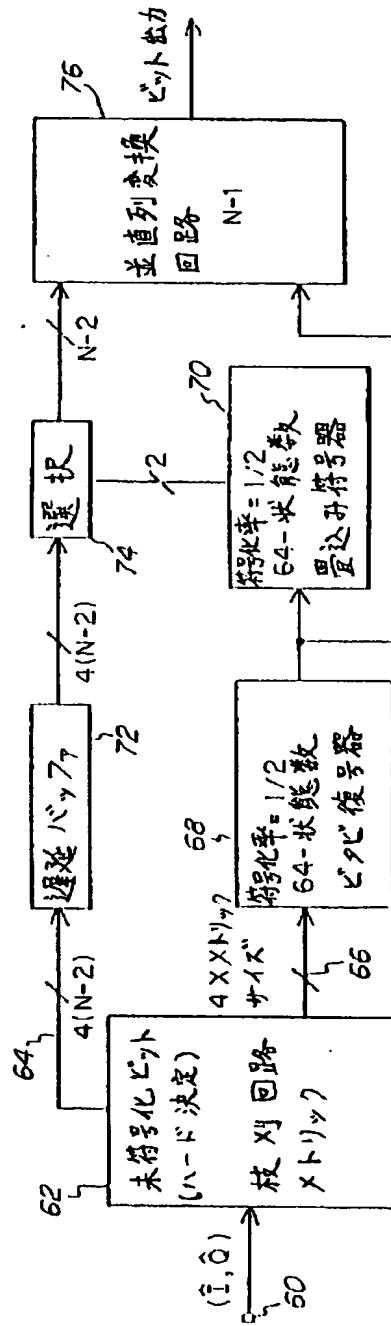


【図1】

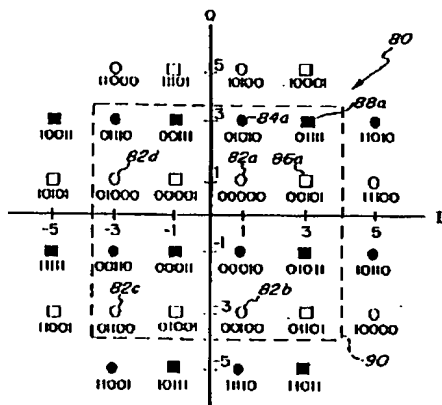




【図3】



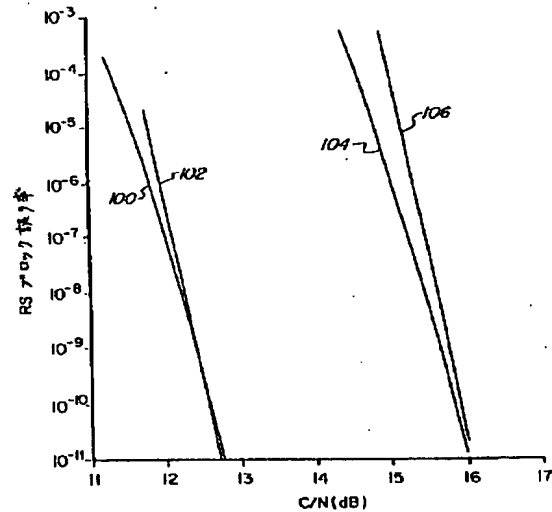
【図4】



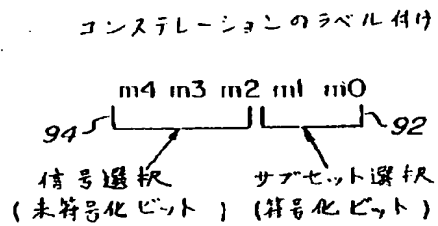
【図5】

| サブセットのラベル付け |                |        |            |
|-------------|----------------|--------|------------|
| サブセット       | 2進ラベル<br>m1 m0 | ハミング重み | ユークリッド重み/4 |
| 82          | 00             | 0      | 0          |
| 84          | 10             | 1      | 1          |
| 86          | 01             | 1      | 1          |
| 88          | 11             | 2      | 2          |

【図7】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>H 0 4 N    7/00  
7/13

識別記号

庁内整理番号

A 9070-5C  
Z

F I

技術表示箇所

(72) 発明者    スコット・エー・レリー  
アメリカ合衆国カリフォルニア州ルーカデ  
ィア、ハイメタス・アヴェニュー1183

(72) 発明者    クリス・ヒーガード  
アメリカ合衆国ニューヨーク州イタカ、ア  
ール・ディー・ナンバー2、ウッドラン  
ド・ロード4